



SKRIPSI – TK091383

Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit *Poly (L-Lactic Acid)* / *Cellulose Acetate Bead* sebagai *Biodegradable* Adsorben.

Oleh:

**Eko Vindy Utami
NRP. 2314 106 008**

**Nugrahaning Dwi Prastiwi
NRP.2314 106 009**

**Dosen Pembimbing
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006**

**Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.,
NIP. 1984 10 23 2009 12 2009**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TK091383

**Synthesis and Characterization of Biocomposite
*Poly (L-Lactic Acid) / Cellulose Acetate
Biodegradable Bead as Adsorbent***

Written by :

**Eko Vindy Utami
NRP. 2314 106 008**

**Nugrahaning Dwi Prastiwi
NRP.2314 106 009**

**Advisor
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006**

**Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.,
NIP. 1984 10 23 2009 12 2009**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSITUTE OF
TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit *Poly(L-Lactic Acid)/Cellulose Acetate Bead* sebagai *Biodegradable Adsorben*

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen
Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

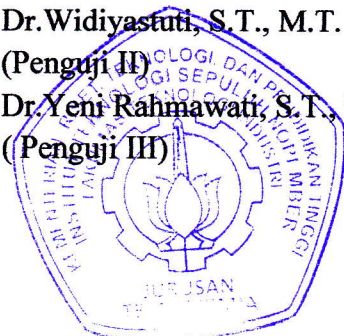
Oleh :

Eko Vindy Utami 2314 106 008

Nugrahaning Dwi Prastiwi 2314 106 009

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
(Pembimbing I)
2. Dr.Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S
(Pembimbing II)
3. Prida Novarita T., S.T., M.T.
(Penguji I)
4. Dr.Widiyastuti, S.T., M.T.
(Penguji II)
5. Dr.Yeni Rahmawati, S.T., M.T.
(Penguji III)



.....
.....
.....
.....
.....
.....

Surabaya, Januari 2017

Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit *Poly(L-Lactid Acid)/Cellulose Acetate Bead* sebagai *Biodegradable Adsorben*

Nama / NRP : Eko Vindy Utami (2314106008)
: Nugrahaning Dwi P (2314106009)
Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
:Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.

ABSTRAK

Poly(L-Lactid Acid) (PLLA) merupakan biodegradable polimer yang mempunyai sifat mekanik yang bagus namun masih mempunyai kekurangan yang dapat membatasi penggunaannya, misalnya dalam bidang biomedik, lingkungan, tekstil. *Cellulose Acetate (CA)* merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai stabilitas yang baik terhadap suhu dan biokompatibiliti yang baik sehingga CA dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan. Dengan mempertimbangkan kelebihan masing-masing komponen, pencampuran antara PLLA dan CA diharapkan dapat membentuk biokomposit yang mempunyai sifat unggul dan kinerja yang baik pada pengaplikasiannya. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh perubahan perbandingan berat antara PLLA dan CA terhadap propertis biokomposit PLLA/CA, serta properti dan kinerja adsorpsi dari PLLA/CA *beads*, dan mempelajari pengaruh perubahan pH larutan metilen biru terhadap kinerja adsorpsi dari PLLA/CA *beads*. Metode penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama adalah tahap sintesa film, dimana PLLA dilarutkan dalam kloroform, CA dilarutkan dalam aseton yang kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogen, kemudian larutan homogen dicetak menjadi film pada *petridish*. Tahap kedua

adalah tahap pembuatan *PLLA/CA Beads*, dimulai dari PLLA dilarutkan dalam kloroform, CA dilarutkan dalam aseton dan DMSO yang kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogen. Setelah terbentuk larutan homogen *PLLA/CA*, larutan disuntikkan kedalam bath koagulasi untuk membentuk *beads* yang kemudian direndam dalam larutan NaOH setelah itu dioven pada suhu 45°C selama 24 jam. Untuk uji yang harus dilakukan, yaitu uji *thermal stability PLLA/CA film* menggunakan uji TGA, untuk *mechanical property PLLA/CA film* dengan DMA, dan analisa morphology yaitu SEM. Untuk *PLLA/CA Beads* dilakukan uji *morphology* yaitu SEM, untuk menganalisa *surface area* dengan BET dan terakhir adalah uji adsorpsi dengan spektrofotometri UV-VIS. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil untuk *PLLA/CA film* bahwa semakin banyak CA yang ditambahkan akan semakin berkurang transparansi film. Nilai *modulus young* pada biokomposit PLLA/CA akan semakin naik dengan bertambahnya CA, yaitu sebesar 4,8405 GPa. Dan untuk uji TGA didapatkan hasil semakin banyak CA yang ditambahkan akan semakin tinggi suhu yang diperlukan untuk terdegradasi. Sedangkan untuk PLLA/CA Beads didapatkan hasil bahwa semakin banyak CA yang ditambahkan maka pori-pori beads akan semakin berporos dengan luas permukaan yang semakin besar dan akan menyerupai bulat. Dari uji BET dapat diketahui bahwa biokomposit PLLA/CA 0/100 memiliki luas permukaan lebih besar daripada biokomposit PLLA/CA 25/75 sebesar 52,509 m²/g, akan tetapi biokomposit PLLA/CA 25/75 pada pH netral memiliki %removal terbesar yaitu sebesar 61,399%

Kata Kunci : PLLA, CA, Beads, Biokomposit, Adsorben.

Synthesis and Characterization of Biocomposite
Poly (L-Lactic Acid) / Cellulose Acetate
Biodegradable Bead as Adsorbent

Nama / NRP : Eko Vindy Utami (2314106008)
: Nugrahaning Dwi P (2314106009)
Departemen : Chemical Engineering FTI – ITS
Advisor : Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D :
Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S

ABSTRACT

Poly (L-lactic acid) (PLLA) is a biodegradable polymer having a good mechanical properties but still have a deficiency, that can be restricting its use, such as biomedical field, Environment, Textile. Cellulose acetate (CA) is a derivative of a natural polymer having many advantages of them have a good stability against temperature and good biocompatibility, so CA can be applied in the biomedical and environmental fields. Taking into account the advantages of each component, mixing between PLLA and CA are expected to form the biocomposite that has superior properties and good performance in the application. This research was conducted to study the effect of changing the weight ratio between PLLA and PLLA biocomposites CA on properties / CA, as well as property and adsorption performance of the PLLA / CA beads, and studied the effect of changing the pH of the methylene blue adsorption performance of the PLLA / CA beads. This research method is divided into two phases. The first stage is the stage of the synthesis of the film, in which PLLA dissolved in chloroform, CA was dissolved in acetone then both mixed and stirred to become homogeneous solution, then the solution is homogeneous molded into a film in petridish. The second stage is the stage of making PLLA / CA Beads, starting from PLLA dissolved in chloroform, CA was dissolved in acetone

and DMSO were then both mixed and stirred to become homogeneous solution. Having formed a homogeneous solution PLLA / CA, the solution was injected into the bath coagulation to form beads, then soaked in a solution of NaOH after the oven at 45°C for 24 hours. For the test to be done, namely thermal stability test PLLA / CA films using TGA test, for mechanical properties PLLA / CA films with DMA, and morphology analysis is SEM. For PLLA / CA Beads tested SEM morphology, to analyze the BET surface area and the last is a test spectrophotometric adsorption with UV-VIS. From the research that has been done is obtained for PLLA / CA CA films that the more you add will wane transparency film. The value of modulus young is highest in biocomposites PLLA/CA will further increase with increasing CA and the value is 4,8405 GPa. And for the TGA analyze showed a growing number of CA added the higher the temperature required for degraded.. As for PLLA / CA Beads showed that a growing number of CA were added to the pores of beads will be more porous beads with a greater surface area and will be resemble a round. From BET analyze showed that biocomposite PLLA/CA 0/100 has a surface area larger than biocomposite PLLA/CA 25/75 amounting to 52,509 m²/gr. But biocomposite PLLA/CA at neutral pH has the optimum % removal that is equal to 61,399%.

.Keyword : PLLA, CA, Beads, Biocomposite, Adsorbent

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami sampaikan ke hadirat Allah SWT karena hanya dengan rahmat dan berkah-Nya sehingga kami dapat menulis dan telah menyelesaikan skripsi kami yang berjudul **“Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit *Poly(L-Lactic Acid)/Cellulose Acetate Bead* sebagai *Biodegradable Adsorben*”** Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT
2. Orang tua dan keluarga atas segala kasih sayang, kesabaran, doa dan pengorbanan dalam mendidik dan membesarkan kami.
3. Bapak Juwari, ST, M.Eng. PhD, selaku Kepala Jurusan S1 Teknik Kimia FTI – ITS.
4. Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng selaku Kepala Laboratorium Teknologi Material.
5. Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I, dan Ibu Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahan yang sudah diberikan.
6. Ibu Dr. Lailatul Qadariyah., ST., M.T selaku koordinator Tugas Akhir dan Skripsi Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS
7. Ibu dosen penguji
8. Seluruh Dosen pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
9. Rekan-rekan di laboratorium Teknologi Material serta angkatan LJ Genap Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan saran, motivasi, serta ilmu yang tidak putus-putusnya kepada kami.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk sekarang dan masa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat diperlukan.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang.....	1
I.2 Perumusan dan Batasan Masalah	5
I.3 Tujuan Penelitian.....	7
I.4 Manfaat Penelitian.....	8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 <i>Poly Lactic Acid (PLA)</i>	9
II.2 <i>Cellulose Acetate (CA)</i>	13
II.3 <i>Cellulose Beads</i>	16
II.4 Biokomposit	18
II.5 Adsorben	19
II.6 Metilen Biru	24
II.7 Analisa yang Dilakukan.....	25
II.8 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya.....	30

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Bahan yang Digunakan.....	35
III.2 Peralatan Penelitian.....	37
III.3 Prosedur Penelitian.....	39
III.4 Variabel Penelitian.....	41
III.5 Karakterisasi Penelitian	41
III.6 Blok Diagram Penelitian.....	47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Pembahasan CA pada Morfologi Film	50
IV.2 Pengaruh Penambahan CA pada Properti Mekanik Film.....	52
IV.3 Pengaruh Penambahan CA pada Kestabilan Thermal.....	58
IV.4 Hasil Analisa SEM PLLA/CA Beads.....	60
IV.5 Hasil Analisa PLLA/CA Beads.....	62
IV.6 Hasil Analisa Penyerapan Metilen Biru.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
APPENDIKS A	
APPENDIKS B	
APPENDIKS C	
APPENDIKS D	
APPENDIKS E	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumus Bangun <i>PLLA</i>	9
Gambar 2.2 Rumus Bangun <i>Cellulose Acetate</i>	15
Gambar 2.3 <i>Cellulose Beads</i>	16
Gambar 2.4 Struktur Kimia Molekul Metilen Biru.....	24
Gambar 2.5 Skema Peralatan Analisa SEM.....	26
Gambar 2.6 Skema Peralatan Analisa TGA.....	28
Gambar 3.1 Skema Alat Sintesa Film.....	37
Gambar 3.2 Skema Proses Pembentukan <i>PLLA/CA Beads</i>	38
Gambar 3.3 Skematis Sistem Kerja TGA	42
Gambar 3.4 Skematis Sistem Kerja DMA.....	43
Gambar 3.5 Skematis Sistem Kerja SEM	45
Gambar 3.6 Skematis Sistem Kerja BET	46
Gambar 4.1 Hasil analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) PLLA/CA dengan perbesaran 1000x : (a) 0/100, (b)25/75, (c)50/50, (d)75/25 (e)100/0	51
Gambar 4.2 Hasil analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) PLLA/CA dengan perbesaran 1500x : (a) 0/100,(b)25/75, (c)50/50, (d)75/25(e) 100/0	52

Gambar 4.3 Nilai <i>Tensile Strength</i> Film Biokomposit PLLA/CA dengan Perbandingan Konsentrasi 0/100;75/25; 50/50; 25/75; 100/0	53
Gambar 4.4 Nilai <i>Elongation at Break</i> Film Biokomposit PLLA/CA dengan Perbandingan Konsentrasi 0/100; 75/25; 50/50; 25/75; 100/0	55
Gambar 4.5 Nilai <i>Modulus Young</i> Film Biokomposit PLLA/CA dengan Perbandingan Konsentrasi 0/100; 75/25; 50/50; 25/75; 100/0	57
Gambar 4.6 Hasil Analisa TGA PLLA/CA : 0/100 ; 25/75 ; 50/50 75/25 ; 0/100.....	58
Gambar 4.7 Hasil analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) PLLA/CA perbesaran 75x variabel (a) 100/0, (b) 25/75.....	61
Gambar 4.8 Hasil analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) PLLA/CA perbesaran 1500x variabel (a) 100/0, (b) 25/75.....	62
Gambar 4.9 Grafik Hasil analisa BET untuk PLLA/CA.....	63
Gambar 4.10 Grafik Hubungan surface area <i>PLLA/CA Beads</i> dengan % Removal pada pH netral	64
Gambar 4.11 Grafik Hubungan pH dengan q dan % removal untuk PLLA/CA 0/100.....	67
Gambar 4.12 Grafik Hubungan pH dengan q dan % removal untuk biokomposit PLLA/CA 25/75.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia dari PDLA, PLLA, dan PDLA	11
Tabel 2.2 Teknik Blending	20
Tabel 2.3 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya	30
Tabel 4.1 Nilai <i>Tensile Strength</i> dari Properti Mekanik Biokomposit PLLA/CA	53
Tabel 4.2 Nilai <i>Modulus Young</i> dari Properti Mekanik Biokomposit PLLA/CA.....	55
Tabel 4.3 Kestabilan Suhu Produk Biokomposit PLLA/CA.....	59
Tabel 4.4 Hasil Analisa Adsorpsi Metilen Biru oleh PLLA/CA <i>Beads</i>	66

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengembangan polimer biodegradable telah berlangsung selama beberapa tahun, dan merupakan bidang yang menarik bagi para ilmuwan untuk mengembangkannya. Biasanya, polimer dari sumberdaya terbarukan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu: polimer alam seperti pati dan selulosa, polimer sintesis seperti PLA (Poli Asam Laktat), polimer fermentasi mikroba seperti poli hidroksibutirat (PHB). Polimer dari sumberdaya terbarukan juga bisa ditingkatkan melalui pencampuran antar polimer. Banyak peneliti yang telah berfokus pada alifatik polyester PLA yang memiliki potensi tinggi yang ramah lingkungan. Adapun jenis PLA yang umum digunakan adalah *poly(L-Lactic acid)* (PLLA) sebagai bahan *biodegradable* yang mempunyai sifat mekanik yang bagus dan sifat biokompatibilitas yang bagus, namun tingkat hidrofobnya rendah, dan stabilitas thermal yang rendah. Selain itu, PLLA tidak tahan pada suhu tinggi dan sensitif pada kelembaban. Untuk itu bahan tersebut perlu dipadukan dengan material lain untuk memperbaiki kekurangannya. Metode pencampuran (*blending*), baik dengan menggunakan pelarut maupun dengan pelelehan, merupakan metode yang cukup sederhana dan mudah apabila dibandingkan dengan metode polimerisasi pembentukan kopolimer. Salah satu material yang dapat digunakan untuk meningkatkan properti dari PLLA adalah selulosa. Selulosa, terkait polisakarida dan turunannya telah banyak menarik minat peneliti sebagai polimer ramah lingkungan (*biodegradable*), yang memiliki potensi tinggi untuk pengembangan lebih lanjut sebagai bahan polimer konvensional yang mempunyai kinerja yang baik dan murah (cinan dkk, 2013). Selain itu selulosa juga mempunyai sifat unggul lainnya seperti tahan terhadap suhu tinggi, sifat biokompatibilitas yang bagus, dan tidak menghasilkan *byproduct* asam (Fernandes dkk, 2013). Sehingga apabila PLLA dan

material berbasis selulosa digabungkan akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat unggul sehingga akan memperluas pengaplikasiannya misalnya dalam bidang biomedik sebagai *scaffold* dalam *tissue engineering* dan lingkungan sebagai *biodegradable adsorbent*.

Penelitian sebelumnya di laboratorium kami mengenai pembuatan dan karakterisasi material biokomposit yang tersusun atas PLLA/mikrokristalin selulosa (MCC) dan PLLA/selulosa fiber dari jerami padi menunjukkan kenaikan stabilitas terhadap suhu. Akan tetapi sifat mekanik mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan karena kurangnya adhesi antara PLLA dan selulosa (Mayang dkk, 2015 dan Chandra dkk, 2016). Pada penelitian sebelumnya tersebut belum diteliti bagaimana performa/kinerja material biokomposit tersebut apabila diaplikasikan dalam bidang biomedik atau lingkungan. Seperti yang sudah pernah dilaporkan oleh Domingues dkk (2014) bahwa PLLA dan Selulosa dapat diaplikasikan sebagai material dalam *tissue engineering* karena mempunyai sifat *biodegradable* dan *biocompatible*.

Pada penelitian ini, jenis selulosa yang digunakan adalah turunan selulosa yakni *Cellulose acetate* (CA). CA adalah ester yang paling penting dari selulosa, yang diperoleh dari reaksi *cellulose* dengan anhidrat asetat dan asam asetat dengan adanya asam belerang. Tergantung pengolahannya, CA dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti film, yang dibuat dari *cellulose triacetate*, membrane dan serat dari *cellulose 2-2,5-acetate*. Dalam bidang khusus CA dibentuk dalam partikel berbentuk bola yang disebut *cellulose bead* yang dibuat dari *cellulose 2,5-acetate* (Steffen dkk, 2008). Karena sifatnya yang *biodegradable* dan *biocompatible*, CA banyak direkomendasikan untuk aplikasi *tissue engineering* (Entcheva dkk, 2004). *Beads* yang berasal dari CA telah dilaporkan untuk diaplikasikan sebagai adsorben (Weber dkk, 2005), imobilisasi enzim, medium untuk separasi, dan pengontrol pelepasan obat.

Cellulose beads adalah partikel basah atau kering digunakan untuk berbagai jenis aplikasi, terutama untuk imobilisasi, pemurnian, pemisahan, dan tujuan filtrasi. *Cellulose beads* sudah ada di pasaran dalam bentuk partikel yang mengembang dalam air (Romain dkk, 2010). *Cellulose beads* dapat diproduksi dalam berbagai macam proses yaitu dengan metode droplet (tetesan-tetesan), jet-splitter, atau dalam skala laboratorium menggunakan jarum suntik atau dengan menekan melalui bahan yang berlubang dan metode dispersi. Selain selulosa, beberapa jenis turunan selulosa seperti CA, CAB (*cellulose acetate butyrate*), CC (*cellulose carbamate*) dan CXA (*cellulose xanthate*) juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bead berbasis selulosa (Gericke dkk, 2012). *Cellulose bead* berbentuk bulat dan berpori serta memiliki permukaan spesifik yang lebih tinggi sebagai selulosa berserat. Memiliki diameter partikel antara 1-1000 μm , memiliki sifat *swelling* yang baik. *Cellulose beads* memberikan berbagai kemungkinan yang baik untuk fungsionalisasinya, seperti digunakan sebagai adsorben dan imobilisasi. (Steffen dkk, 2008).

Steffen dkk (2008) telah mengaplikasikan CA dengan pelarut etanol menggunakan metode *droplet* dan dispersi menjadi *cellulose beads* dengan properti dan struktur yang berbeda. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa CA dengan berat molekul tinggi akan membentuk partikel *bead* yang lebih kecil dengan struktur permukaan tertutup, sedangkan CA dengan berat molekul rendah akan membentuk partikel *bead* yang lebih besar.

Katrin dkk (2011) juga telah mengaplikasikan cellulose acetat dengan pelarut ethyl acetate menggunakan metode dispersi menjadi *cellulose beads*. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa besar kecilnya ukuran partikel cellulose bead dipengaruhi oleh tinggi rendahnya dari kecepatan putar saat dispersi. Semakin tinggi kecepatan putar maka ukuran partikel cari cellulose bead semakin kecil.

Suteu dkk (2015) melakukan penelitian pengaruh *cellulose bead* (cellets 200 dan cellet 350) terhadap sifat

struktural dan daya serap sebagai adsorbent untuk menghilangkan zat warna reaktif brilliant red HE-3B dan pewarna kationik larutan metilen biru. Hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa struktur cellulose beads terdiri dari spheroids ukuran kecil dengan kisaran 200-350 μm untuk cellets 200 dan kisaran 350-500 μm untuk cellets 350. Pengaruh pH larutan bergantung pada muatan permukaan pada *cellulose beads* sebagai adsorbent, ketika permukaan *cellulose bead* positif maka mampu mengikat zat warna anionik yaitu brilliant red HE-3B, tetapi ketika permukaan *cellulose bead* negatif tidak mampu mengikat zat warna anionik melainkan mampu mengikat zat warna kationik yaitu metilen biru.

Secara parsial CA cocok dengan PLLA, tetapi kecocokan tersebut bisa lebih ditingkatkan dengan mengoptimalkan kondisi seperti komposisi pelarut, komposisi pencampuran dan suhu (cinanat dkk, 2013). Oleh karena itu, campuran PLLA dan CA sebagai material penyusun pembuatan *bead* perlu diteliti dengan mempertimbangkan kondisi optimum pencampuran antara PLLA dan CA. Biokomposite PLLA/CA *bead* selanjutnya dapat diaplikasikan sebagai adsorben yang ramah lingkungan.

1.2 Perumusan dan Batasan Masalah

1.2.1 Perumusan Masalah

PLLA merupakan biodegradable polimer yang mempunyai sifat mekanik yang bagus namun masih mempunyai kekurangan yang dapat membatasi penggunaannya, misalnya dalam bidang biomedik, lingkungan, tekstil, dsb. Sedangkan CA merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai stabilitas yang baik terhadap suhu dan biokompatibiliti yang baik sehingga CA dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan. Dengan mempertimbangkan kelebihan masing-masing komponen, pencampuran antara PLLA dan CA diharapkan dapat membentuk biokomposit yang mempunyai sifat unggul dan kinerja yang baik pada pengaplikasiannya. Pada penelitian ini, biokomposite material PLLA/CA akan diteliti properti dan performanya sebagai

adsorben dalam bentuk bead, dimana metilen biru akan digunakan sebagai bahan yang diserap (adsorbat). Penelitian tentang pengaplikasian CA menjadi *cellulose bead* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, namun sebagian besar penelitian di atas hanya menekankan pada sintesa dan properti dari *cellulose bead* saja. Di samping itu, menurut pengetahuan kami, penelitian mengenai PLLA/CA sebagai bahan pembentukan *bead* sebagai adsorben belum pernah dikembangkan sebelumnya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, beberapa faktor yang mempengaruhi properti dan performa biokomposit PLLA/CA *bead* seperti perbandingan berat PLLA dan CA dan konsentrasi larutan polimer perlu diteliti lebih lanjut. Karakteristik biokomposit PLLA/CA yang akan diamati meliputi sifat mekanik dan stabilitas terhadap suhu. Struktur dan properti PLLA/CA *bead* akan diinvestigasi dalam hal morfologi dan ukuran pori dari bead. Kemampuan adsorpsi dari *bead* juga diamati untuk menunjukkan kinerja PLLA/CA *bead* sebagai *biodegradable* adsorben.

1.2.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini:

- a. Proses *blending* antara PLLA dan CA dilakukan dengan menggunakan metode *solvent blending* dimana menggunakan campuran kloroform, acetone dan dimethyl sulfoxide (DMSO) dengan perbandingan tertentu sebagai *solvent*.
- b. Bahan polimer matriks yang digunakan adalah *poly(L-lactic acid)* (PLLA) dengan berat molekul tinggi ($M_w = 1,34 \times 10^5 \text{ g mol}^{-1}$).
- c. CA yang digunakan mempunyai berat molekul rendah ($M_n = 30.000$).
- d. Karakterisasi sifat mekanis biokomposit film, ukuran pori dan struktur bead dilakukan pada suhu kamar.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh perubahan perbandingan berat antara PLLA dan CA terhadap propertis biokomposit *PLLA/CA*, serta propertis dan kinerja adsorpsi dari *PLLA/CA beads*.
2. Mempelajari pengaruh perubahan pH larutan metilen biru terhadap kinerja adsorpsi dari *PLLA/CA beads*.

I.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan data referensi penelitian tentang material penyusun *bead* berbasis selulosa yang ramah lingkungan sebagai adsorben bagi peneliti dan penelitian lainnya. Di samping itu, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan tentang aplikasi dari *bead* berbasis selulosa sesuai dengan karakteristiknya.

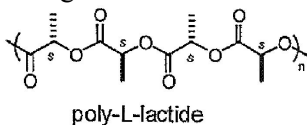
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Poly Lactic Acid (PLA)

Asam laktat (*lactic acid*) adalah salah satu asam organik yang penting di industri, terutama di industri makanan. Di samping itu, penggunaannya sekarang lebih luas karena bisa dipakai sebagai bahan baku pembuatan *poly lactic acid*, biodegradabel plastik yang merupakan polimer dari asam laktat. Salah satu jenis biodegradabel poliester adalah Poli asam laktat (*poly lactic acid*). Poli asam laktat (PLA) ditemukan pada tahun 1932 oleh *Carothers (DuPont)* yang memproduksi PLA dengan memanaskan asam laktat pada kondisi vakum. Pada tahap selanjutnya, *DuPont* dan *Ethicon* memfokuskan pembuatan aplikasi medical grade sutures, implan dan kemasan obat. Baru-baru ini, beberapa perusahaan seperti Shimadzu dan Mitsui Tuatsu di Jepang telah memproduksi sejumlah PLA untuk aplikasi plastik. Poli asam laktat atau Poli laktida (PLA) dengan rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$ adalah sejenis polimer atau plastik yang bersifat biodegradabel, termoplastik dan merupakan poliester alifatik yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan seperti pati jagung, pati ubi dan sebagainya. Walaupun PLA sudah dikenal sejak abad yang lalu, namun baru diproduksi secara komersial dalam beberapa tahun terakhir dengan keunggulannya yaitu memiliki kemampuan untuk terdegradasi secara biologi.

PLA memiliki sifat tahan panas, kuat, dan merupakan polimer yang elastis. Homopolimer dari PLA adalah bubuk putih pada suhu kamar dengan T_g dan T_m nilai-nilai sekitar 55°C dan 175°C . PLA berbentuk kristal yang tidak berwarna, dan mengkilap mirip dengan polistiren. PLA merupakan *polyester thermoplastic* yang memiliki atom C asimetrik atau kiral sehingga memiliki tiga jenis struktur polimer yang berbeda yaitu poli (D-asam laktat) (PDLA) merupakan material kristal dengan struktur rantai reguler, poli (L-asam laktat) (PLLA) yang merupakan

hemi-kristal dengan struktur rantai reguler, dan poli(D,L-asam laktat) (PDLLA) yang merupakan material bersifat amorf (Lin, 2012). PLLA mempunyai kristalinitas 37%. Penggunaan PLLA sebagai bahan mentah dalam industri polimer juga menjadi solusi untuk mengatasi beberapa masalah lingkungan terutama dalam hal limbah plastik yang tidak dapat terdegradasi di alam dengan mudah.



Gambar 2.1 Rumus Bangun PLLA (*Poly L-Lactic Acid*)

Tabel 2.1. Sifat Fisik dan Kimia dari PDLA, PLLA, dan PDLLA

Properti	PDLA	PLLA	PDLLA
Kelarutan	Larut dalam benzene, kloroform, asetonitril asetonitril, tetrahydrofuran (THF), dioxin Tidak larut dalam ethanol, metanol, dan allifatik hidrokarbon.		
Struktur Kristal	Kristalin	Hemikristalin	Amorf
Titik Leleh (Tm)/°C	~180	~180	Bervariasi
Suhu Transisi Gelas (Tg)/°C	50-60	55-60	Bervariasi
Suhu Dekomposisi/°C	~200	~200	185-200
Elongation at break/%	20-30	20-30	Bervariasi
Breaking strength/(g/d)	4.0-5.0	5.0-6.0	Bervariasi
Waktu degradasi pada 37° C	4-6 bulan	4-6 bulan	2-3 bulan

(Sumber: Lin Xiao dkk, 2013)

PDLA, PLLA dan PDLLA larut dalam pelarut organik termasuk benzena, kloroform, dioksan, dll dan dapat diturunkan oleh hidrolisis sederhana dari ikatan ester bahkan tanpa adanya α hidrolase. PLA akan terdegradasi di lingkungan mulai dari 6 bulan hingga 2 tahun, tergantung pada ukuran dan bentuk artikel, rasio isomer nya, dan suhu. Sifat tarik PLA dapat bervariasi tergantung pada anil atau berorientasi, atau derajat dari kristalinitas.

Poly (L-Lactic Acid) (PLLA) merupakan bioplastik yang memiliki potensi sebagai alternatif substitusi polimer berbasis minyak bumi karena PLLA memiliki sifat fisik polimer termoplastik, modulus elastisitas yang tinggi, dan dapat diproses. Penggunaan PLLA sebagai bahan mentah dalam industri polimer juga menjadi solusi untuk mengatasi beberapa masalah lingkungan terutama dalam hal limbah plastik yang tidak dapat terdegradasi di alam dengan mudah. Bagaimanapun juga, PLLA memiliki kekurangan yang membatasi penggunaannya dalam beberapa aplikasi tertentu. Dalam proses produksi material pembungkus skala besar (film and sheet casting, stretch blow molding, dan injection molding), PLLA memiliki masalah karena sifatnya yang kaku, mudah patah, dan laju kristalisasi yang rendah. Walaupun kekuatan tensile/luluh (tensile strength) dan modulus elastisitasnya sebanding dengan plastik berbasis minyak bumi, nilai toughness yang rendah akan membatasi penggunaannya dalam aplikasi komersial yang membutuhkan ketahanan terhadap deformasi pada level aplikasi beban yang tinggi (*high stress level*).

PLLA sebagai bahan *biodegradable* plastik mempunyai sifat mekanis yang bagus, tingkat hidrofob yang rendah, dan stabilitas thermal yang rendah. Akan tetapi PLLA tidak tahan pada suhu tinggi dan sensitif pada kelembaban, untuk itu bahan tersebut perlu dipadukan dengan material lain untuk memperbaiki kekurangannya. Salah satu material yang dapat digunakan untuk meningkatkan properti dari PLLA adalah selulosa. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada

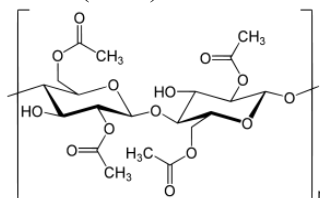
dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman. Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon tingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut, flagellata, dan bakteri (Fengel dan Wegner, 1995). Selulosa bertindak sebagai filler yang dapat memperbaiki property PLLA karena selulosa mempunyai sifat mekanik yang bagus, ketahanan minyak dan uap air, selain itu selulosa ketersediaannya tinggi dan harganya murah. Tetapi, selulosa mempunyai kelemahan, yaitu mudah rapuh, sensitif terhadap kelembapan, dan mempunyai suhu pelunakan yang rendah.

II.2 Cellulose Acetate (CA)

Cellulose Acetate merupakan ester asam organik dari selulosa yang telah lama dikenal di dunia. Produksi *Cellulose Acetate* adalah yang terbesar dari semua turunan selulosa. *Cellulose Acetate* pertama kali dikenalkan oleh *Schutzenberger* pada 1865. Pada 1879, *Franchimont* melaporkan penggunaan asam sulfat sebagai katalis untuk asetilasi, dimana katalis ini masih sangat biasa digunakan untuk produksi *Cellulose Acetate* secara komersial. Proses pembuatan *Cellulose Acetate* selanjutnya disempurnakan oleh Miles (1903) dan Von Bayer (1906). Selanjutnya dibawah pengawasan Camille dan Henri Dreyfus untuk pertama kalinya direalisasikan proses produksi *Cellulose Acetate* dengan skala besar di Inggris (Mc Ketta, 1997).

Salah satu kelebihan *Cellulose Acetate* sebagai material membran adalah mudah diproduksi dan bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui. Kekurangan *Cellulose Acetate* adalah sangat sensitive terhadap pH antara 2 sampai 8, biodegradable, yaitu sangat rentan terhadap mikroba yang ada di alam (Bhongsuwan *et al.*, 2008). Teknik-teknik yang biasanya digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template leaching* dan inversi fasa. *Cellulose Acetate* dapat dibuat dengan metode inversi fasa. Inversi fasa adalah suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Asam asetat

secara umum adalah pelarut yang baik untuk *Cellulose Acetate*. Selulosa asetat juga merupakan bahan baku untuk membuat apa yang disebut *Cellulose Beads*, yang berciri permukaan berpori, cetakan bulat dan mereka memiliki permukaan spesifik yang lebih tinggi sebagai berserat selulosa. Untuk nilai kelarutan semua *Cellulose Acetate* diuji dengan melarutkan dalam aseton dan campuran diklorometana-metanol-campuran (ratio^{1/4} 80:20). Larutan CA memberikan nilai kekeruhan yang berbeda dalam aseton. Kekeruhan adalah penurunan transparansi cairan disebabkan oleh adanya zat yang belum terpecahkan. Kekeruhan terlarut asetat selulosa ditentukan oleh pengukuran nephelometric, yaitu dengan penentuan dari radiasi yang tersebar pada sudut 90°. Solusi kekeruhan diukur dengan 2100 AN nephelometer (Hach, Loveland, Colorado, USA). Semua nilai-nilai diberikan dalam Nephelometric Unit kekeruhan (NTU).



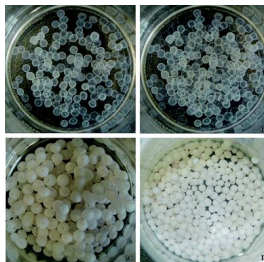
Gambar 2.2 Rumus Bangun *Cellulose Acetate*

Cellulose Acetat mempunyai rumus molekul $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_x$, berwujud padat dengan bentuk granula atau serbuk dan berwarna putih. Karena keseragamannya dalam kualitas, kemudahan dalam pewarnaan dan berbagai karakteristik estetika lainnya, menjadikan *Cellulose Acetate* sebagai pilihan dalam pembuatan pakaian wanita dan keperluan kain pada rumah tangga. *Cellulose Acetate* adalah serat yang paling banyak digunakan dalam bidang tekstil karena harganya yang ekonomis, warna terang, dan variasi sifat yang beraneka ragam. Penggunaan terbesar yaitu sebagai serat material pada filter rokok. *Cellulose Acetate* bersifat hidrofobik dan memiliki sifat yang mudah untuk dibentuk, quick drying, tidak mudah

berkerut, dan stabilitas tinggi (Mc. Ketta, 1997). Pemakaian penting lainnya adalah sebagai filter pada sigaret, untuk produksi lembaran-lembaran plastik, film, dan juga cat, dan filter pada rokok. Oleh karena itu, *Cellulose Acetate* merupakan bahan industri yang cukup penting peranannya (Kirk & Othmer, 1977). Adapun karakteristik dari *Cellulose Acetate* adalah :

- Bersifat termoplastik.
- Absorpsi selektif dan penghilangan zat organik tingkat rendah.
- Dapat berikatan dengan plasticizers, tahan terhadap panas dan tekanan.
- Dapat larut dalam berbagai pelarut (terutama aseton, dan beberapa pelarut organik lainnya).
- Bersifat hidrofilik, asetat mudah basah dengan perpindahan cairan yang baik dan absorpsi yang bagus, dalam keadaan kering ketahanan asetat berkurang.
- Luas permukaan yang tinggi.

II.3 *Cellulose Beads*



Gambar 2.3 *Cellulose Beads*

Keberadaan *Cellulose Beads* di pasaran dapat dengan mudah ditemukan dengan bentuk partikel mengembang di dalam air yang memiliki porosivitas tinggi dan sifat fungsional yang menarik karena sejumlah besar kelompok hidroksil reaktif. Prinsip umum pembuatan *Cellulose Beads* adalah untuk

melarutkan derivatif *cellulose* (viscose, ester selulosa, atau eter), dan kemudian regenerasi selulosa dalam bak koagulasi yang komposisi kimiadisesuaikan untuk melakukan " de-derivatisasi " (Hidrolisis, deasetilasi, dll)

Cellulose beads dan turunannya banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, ini dilihat dari sifat khas beads cellulose, seperti ketersediaan produk dan harga terjangkau, bentuk bola, kemungkinan untuk memilih ukuran partikel, kekuatan mekanik (kerugian tekanan rendah di kolom, kemungkinan untuk bekerja sebagai filter industri), porositas tinggi (aksesibilitas untuk senyawa molekul tinggi massa), hidrofilisitas (toleransi struktur biologis, kinetika cepat), dan reaktivitas kimia di derivatizations. Umumnya *Cellulose beads* digunakan dalam bidang biokimia dan bioteknologi, terutama enzim rekayasa. Selain itu diaplikasikan dalam adsorpsi dan pertukaran ion kromatografi ion logam. Luasnya aplikasi yang mungkin adalah ditunjukkan dengan upaya untuk menyiapkan bahan komposit baru berdasarkan *beads cellulose*, yang cocok sebagai operator atau adsorben senyawa biologis aktif, dan upaya untuk mempersiapkan arang bead dan cryoperlose, yaitu perlose jenuh dengan larutan nonfreezing. *Cellulose beads* dalam bentuk kering adalah salah satu bubuk biopolymeric berhasil diterapkan dalam pengobatan purulen, digunakan juga sebagai bahan krim kosmetik.

Cellulose beads dapat dibuat dari larutan dengan baik menggunakan mesin " *droplet-making* " seperti *atomizers* dan *jet-splitter* , atau pada skala laboratorium, dengan jarum suntik atau dengan menekan larutan melalui material berlubang. Untuk meningkatkan beberapa spesifisitas sifat penyerapan selulosa dapat dengan beberapa polisakarida lainnya, seperti kitin atau kitosan. Pencampuran selulosa dengan ester selulosa dalam pelarut umum dapat memengaruhi aspek rasio beads.

II.4 Biokomposit

Biokomposit dapat didefinisikan sebagai materi komposit yang terdiri dari polimer alami atau biofiber (serat alami) yang dapat terdegradasi sebagai penguat dan polimer yang tidak dapat terdegradasi atau yang dapat terdegradasi sebagai matriks. Material Biokomposit terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui sehingga pembuatannya dapat mengurangi konsumsi energi dan biaya produksi. Selain itu biokomposit juga memiliki kemampuan terdegradasi yang baik. Perkembangan penelitian biokomposit sudah sangat beragam, tidak hanya mencakup produk-produk untuk kebutuhan bahan bangunan, seperti papan partikel, kayu lapis atau papan semen dan lainnya, tapi juga telah berkembang dengan pesat ilmu dan produk bio-plastik atau plastik yang diperkuat dengan bahan-bahan selulosa, baik berupa produk *wood plastic composite (wpc)* atau *injection molded natural*

fiber-polimer. Produk-produk plastik ini berperan penting dalam

pengembangan industri otomotif yang ramah lingkungan.

II.4.1 Blending

Blending merupakan metode pencampuran dua jenis polimer sintetis yang bisa dilakukan melalui *melt blending* atau *solvent blending*. Secara umum, proses blending ditujukan untuk meningkatkan sifat fisik dari polimer (mekanik dan thermal). Solvent blending adalah pencampuran antar polimer dengan menggunakan pelarut (*solvent*). Yang memegang penting dalam proses ini adalah parameter solubility (kelarutan) antar polimer yang akan dicampur. Interaksi yang terjadi dalam *Blending* adalah ikatan *Van der Waals*, ikatan hidrogen atau interaksi dipol-dipol. Paduan polimer ini bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat material yang diinginkan dan disesuaikan dengan keperluan. *Blending* komersial dapat dihasilkan dari polimer sintetis dengan

polimer sintetik, polimer sintetik dengan polimer alam, dan polimer alam dengan polimer alam. *Blending* dapat dibentuk melalui beberapa teknik preparasi, yaitu :

Tabel 2.2 Teknik *Blending*

Teknik preparasi	Deskripsi
<i>Mechanical blends</i>	Polimer/kopolimer di campur pada suhu diatas T_g atau T_m masing-masing polimer yang bersifat amorf dan semikristalin
<i>Mechanochemical blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur dengan laju geser yang cukup tinggi sehingga polimer mengalami degradasi. Radikal-radikal bebas yang terbentuk berkombinasi menghasilkan campuran kompleks yang mengandung kopolimer blok atau cangkok
<i>Solution cast blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur dengan melarutkannya ke dalam pelarut tertentu hingga homogeny, kemudian pelarut dihilangkan melalui penguapan sehingga dapat membentuk film polimer
<i>Latex blends</i>	Dispersi-dispersi dari polimer dalam air (lateks) dicampur lalu polimer-polimer yang bercampur tersebut dikoagulasi

Metoda yang umum digunakan dalam pembentukan *Blending* adalah metode pelarutan (*solution cast blends*) dan metode pelelehan (*mechanical blends*), akan tetapi untuk penelitian kali ini kami menggunakan metode pelarutan dikarenakan metode ini lebih mudah diaplikasikan dibandingkan dengan metode pelelehan (*mechanical blends*).

II.5 Adsorben

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalam. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben.

Berdasarkan Interaksi molekuler antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu :

- **Adsorpsi Fisika**

Adsorpsi Fisika terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (Intermolekuler) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya . Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori.

- **Adsorpsi Kimia**

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen/ion. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditentukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat kepermukaan adsorben melalui gaya Van der Waals / Ikatan Hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa merupakan ikatan kovalen.

Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul adsorbat dengan situs aktif di permukaan adsorben. Zat yang mengadsorpsi disebut adsorbat, sedangkan material tempat terakumulasinya adsorbat disebut adsorben. Adsorpsi dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia adsorben seperti ukuran molekul adsorbat, karakteristik adsorbat, waktu pengadukan, konsentrasi adsorbat, suhu, pH dan luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Dalam hal ini ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

- **Sifat Serapan**

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh adsorben tergantung dari kemampuan masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, dan struktur rantai dari senyawa serapan.

- **Temperatur**

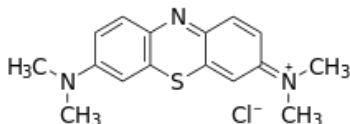
Faktor yang mempengaruhi temperature proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun

dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatile, adsorbs dilakukan pada temperature kamar atau bila memungkinkan pada temperature rendah.

- pH (Derajat Keasaman)
Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya apabila pH asam organik dinaikkan dengan penambahn alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

II.6 Metilen Biru

Metilen biru atau *methylene blue* yang memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}CN_3S$, adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Pada umumnya metilen biru digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Senyawa ini berupa kristal berwarna hijau gelap. Ketika dilarutkan, metilen biru dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. Metilen biru memiliki berat molekul 319,86 gr/mol, dengan titik lebur pada $105^{\circ}C$ dan daya larut sebesar $4,36 \times 10^4$ mg/L (Endang Palupi, 2006). Struktur metilen biru tertera pada Gambar 2.4 :



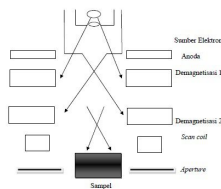
Gambar 2.4 Struktur Kimia Molekul Metilen Biru

Metilen biru merupakan salah satu zat warna yang digunakan pada industri tekstil. Metilen biru digunakan sekitar 5% dalam pewarnaan sedangkan sisanya 95% akan dibuang ke badan air, sehingga dapat mencemari lingkungan. Senyawa ini sangat stabil sehingga sulit terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apabila dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat meningkatkan nilai *chemical oxygen demand* (COD) yang dapat merusak keseimbangan ekosistem lingkungan (Riyanto, 2009).

II.7 Analisa yang Dilakukan

- **Analisa SEM**

SEM adalah suatu instrumen penghasil berkas elektron pada permukaan specimen target dan mengumpulkan serta menampilkan sinyal-sinyal yang diberikan oleh material target. Pada prinsipnya SEM terdiri dari kolom elektron, ruang sampel, dan sistem vakum. Dalam hal analisis morfologi kopolimer penggunaan alat SEM berkembang luas. Prinsip analisis menggunakan SEM adalah dengan sinyal electron sekunder dapat dilihat pada skema gambar di bawah ini :



Gambar 2.5 Skema Peralatan Analisa SEM

Teknik SEM pada dasarnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data yang diperoleh merupakan data dari permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Gambar topografi diperoleh dengan penangkap

elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Sampel yang akan dianalisis dengan menggunakan teknik ini harus mempunyai permukaan dengan konduktivitas yang tinggi, karena polimer mempunyai konduktivitas yang rendah maka bahan perlu dilapisi dengan bahan konduktor (bahan pengantar) yang tipis. Bahan yang biasa digunakan adalah perak, tetapi jika dianalisis dalam waktu yang lama lebih baik menggunakan emas atau campuran emas dan palladium. Berkas elektron diarahkan pada suatu permukaan spesimen yang telah dilapisi oleh suatu film konduktor. Pelapisan ini bertujuan agar polimer yang diguakaan dapat menghantarkan arus listrik sehingga dapat berinteraksi dengan berkas elektron. Berkas elektron yang berinteraksi dengan spesimen dikumpulkan untuk mengetahui intensitas elektron pada suatu tabung televisi yang diarahkan serentak dengan sinar dari mikroskop. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan menghasilkan pola difraksi elektron yang dapat memberikan informasi mengenai kristalografi, jenis unsur serta distribusinya dan morfologi dari permukaan bahan (Wu *et al*, 2007).

- **Analisa BET**

Teori BET diperkenalkan oleh Stephen Brunauer, Paul Hugh Emmett, dan Edward Teller. Teori ini menjelaskan mengenai adsorpsi molekul gas di permukaan zat padat (melekatnya molekul gas di permukaan zat padat). Kuantitas molekul gas yang diadsorpsi sangat bergantung pada luas permukaan zat tersebut. Untuk material berpori, maka luas permukaan spesifik ditentukan oleh porositas zat padat. BET digunakan untuk karakterisasi permukaan suatu material yang meliputi *surface area* (SA, m^2/g), diameter pori (d pori/cm) dan volume pori (V_{pori} , cm^3/g). Landasan utama teori BET adalah sebagai berikut :

- a. Menempelnya molekul pada permukaan zat padat (adsoben) membentuk lapisan *monolayer*
- b. Menempelnya molekul pada lapisan *monolayer* membentuk lapisan *multilayer*

Secara umum, mekanisme kerja dari metode ini adalah sampel terlebih dahulu dipanaskan sampai keadaan vakum untuk menghilangkan kontaminan yang terdapat dalam sampel misalnya air dan minyak. Selanjutnya gas dimasukkan secara bertahap sampai gas membentuk lapisan *monolayer* diseluruh permukaan material padatan pada rentang P/P0 yaitu antara 0,05-0,30.

- **Analisa TGA**



Gambar 2.6 Skema Peralatan Analisa TGA

Analisis termogravimetri atau analisis gravimetri termal (TGA) adalah metode analisis termal di mana perubahan dalam sifat fisik dan kimia dari bahan yang diukur sebagai fungsi dari meningkatnya suhu (dengan laju pemanasan konstan), atau sebagai fungsi waktu (dengan suhu konstan dan / atau kehilangan massa konstan). TGA dapat memberikan informasi tentang fenomena fisik, seperti orde kedua fase transisi , termasuk penguapan , sublimasi , penyerapan , adsorpsi , dan desorpsi . Demikian juga, TGA dapat memberikan informasi tentang fenomena kimia termasuk chemisorptions , desolvation (terutama dehidrasi), dekomposisi , dan reaksi padat-gas (misalnya, oksidasi atau reduksi). TGA biasanya digunakan untuk menentukan karakteristik yang dipilih dari bahan yang menunjukkan baik kehilangan massa atau keuntungan karena dekomposisi, oksidasi, atau kehilangan volatil (seperti kelembaban). Aplikasi umum dari TGA adalah :

1. karakterisasi bahan melalui analisis pola dekomposisi karakteristik,

2. studi mekanisme degradasi dan kinetika reaksi,
3. penentuan kadar organik dalam sampel, dan
4. penentuan anorganik (misalnya ash) konten dalam sampel, yang mungkin berguna untuk menguatkan struktur materi diprediksi atau hanya digunakan sebagai analisis kimia.

- **Analisa DMA (Dynamic Mechanical Analysis)**

DMA merupakan suatu teknik memonitor sifat material terhadap temperature akibat stress yang periodic. Sampel diletakkan dianatra dua penjepit. Satu penjepit bergerak relative cepat terhadap yang lain. Gerakan yang ini menyebabkan sampai terdeformasi secara periodic seturut dengan frekuensi dari gerakan penjepit. Amplitudo deformasi dimonitor dengan linear variable differential transformer (LVDT) yang dihubungkan dengan penjepit. Dari alat ini akan diperoleh kurva perubahan panjang, yang akan terjadi pada saat perubahan fasa, terhadap temperatur.

- **Analisa Spektorofotomter UV-VIS**

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorbsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektroskopi UV-Vis biasanya digunakan untuk molekul dan ion anorganik atau kompleks di dalam larutan. Spektrum UV-Vis mempunyai bentuk yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang bisa didapatkan dari spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Sinar ultraviolet berada pada panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm. Panjang gelombang (λ) adalah jarak antara satu lembah dan satu puncak, sedangkan frekuensi adalah kecepatan cahaya dibagi dengan panjang gelombang (λ). Bilangan gelombang adalah (ν) adalah satu satuan per panjang gelombang. (Dachriyanus, 2004).

II.8 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.3 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
Pelet Selulosa Sebagai Adsorben Jenis Baru Untuk Penyisihan Pewarna dari Air Media	Daniela Suteu, Gabriela Biliuta, Lacramioara Rusu, Sergiu Coseri, Gabriela Nacu.	<ul style="list-style-type: none"> • Material : Microcrystalin Cellulose, Larutan metilen biru • Variabel : Pengaruh <i>cellulose bead</i> terhadap sifat struktural dan daya serap sebagai adsorbent untuk menghilangkan zat warna reaktif brilliant red HE-3B dan pewarna kationik larutan metilen biru, Pengaruh pH larutan bergantung pada muatan permukaan pada <i>cellulose beads</i> sebagai adsorbent • Hasil Penelitian : <ul style="list-style-type: none"> ~struktur cellulose beads dari spheroids ukuran kecil dengan kisaran 200-350 μm untuk cellets 200 dan kisaran 350-500 μm untuk cellets 350 ~Permukaan <i>cellulose bead</i> positif mampu mengikat zat warna anionik yaitu brilliant red HE-3B, tetapi ketika

		permukaan <i>cellulose bead</i> negatif tidak mampu mengikat zat warna anionik melainkan mampu mengikat zat warna kationik yaitu metilen biru.
Properties dan Aplikasi <i>Cellulose Acetate</i>	Steffen Fischer, Katrin Thu"mmmler,Bert Volkert,Kay Hettrich, Ingeborg Schmidt, Klaus Fischer.	<ul style="list-style-type: none"> • Material : Selulosa Asetat, etil asetat, metanol, etanol, metil selulose, Triton X-100, Sodium Asetat Trihidrat, Sodium Hidroksid • Variabel : Kecepatan putar pengadukan • Hasil Penelitian : Besar kecilnya ukuran partikel cellulose bead dipengaruhi oleh tinggi rendahnya dari kecepatan putar saat dispersi. Semakin tinggi kecepatan putar maka ukuran partikel cari cellulose bead semakin kecil.
Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit Material dari Biodegradable Polimer Poly L-Lactic Acid (PLLA) dan Selulosa	Mayang Ayudhawara Subaghio, dkk (2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Material : <i>Microcrystalin Cellulose, Poly L-Lactic Acid (PLLA)</i> • Variabel : Perbandingan PLLA dan MCC dengan perbandingan berat PLLA/MCC (%) yaitu : 100 / 0 ; 97.5 / 2.5 ; 95 / 5 ; 92.5 / 7.5 ; 90 / 10 • Hasil Penelitian : ~Semakin banyak komposisi filler yang ditambahkan semakin berkurang

		<p>transparansi dari lapisan film tersebut, hal tersebut dikarenakan semakin banyak filler semakin banyak yang terdispersi pada bagian permukaan film</p> <p>~Penambahan MCC pada biokomposit film tidak memberi pengaruh yang signifikan pada nilai <i>tensile</i> dan nilai <i>Elongation at break</i>.</p>
<p>Studi Karakteristik Biokomposit Poly (L-Lactic Acid) (PLLA) Mikrokristalin Selulosa (MCC) Dari Jerami Padi</p>	<p>Nur Rizkiyah dan I.G.A. Gede Chandra Divta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material : <i>Microcrystalline Cellulose</i> hasil delignifikasi jerami padi, <i>Poly L-Lactic Acid (PLLA)</i> • Variabel : Perbandingan PLLA dan MCC dengan perbandingan berat PLLA/MCC (%) yaitu : 100 / 0 ; 97.5 / 2.5 ; 95 / 5 ; 92.5 / 7.5 ; 90 / 10 • Hasil Penelitian : <ul style="list-style-type: none"> ~Nilai <i>elongation at break</i> menurun secara perlahan dikarenakan bertambahnya konsentrasi MCC pada komposit. Nilai <i>elongation at break</i> dipengaruhi oleh fraksi volume dari penambahan MCC, dispersi <i>filler</i> pada matriks, dan interaksi antara <i>filler</i> dan matriks.

		<p>~Penambahan MCC sebagai filler ke dalam PLLA matriks tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai <i>tensile strength</i> dan <i>elongation at break</i> komposit jika dibandingkan dengan PLLA murni.</p> <p>~Peningkatan nilai <i>modulus young</i> dengan bertambahnya konsentrasi MCC pada PLLA mengakibatkan adanya ikatan hydrogen dan kekakuan yang merupakan kekhasan dari sebuah <i>filler</i>/polimer komposit.</p>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan, yaitu tahap pertama adalah tahap sintesa film, dimana PLLA dicampur dengan pelarut kloroform dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam. CA dicampur dengan pelarut aseton dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam. Setelah PLLA larut, ditambahkan larutan CA yang kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 24 jam menggunakan hotplate. Setelah 24 jam, campuran dicetak menjadi film pada *petridish* hingga cetakan rata menggunakan *waterpass*. Tahap kedua adalah tahap pembuatan *PLLA/CA Beads*, dimulai dari PLLA dicampur dengan pelarut kloroform dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam. CA dicampur dengan pelarut aseton dan DMSO dengan perbandingan 60%:40% diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam. Setelah PLLA larut, ditambahkan larutan CA yang kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 24 jam menggunakan hotplate hingga menjadi larutan homogen. Setelah terbentuk larutan homogen *PLLA/CA*, larutan dimasukkan kedalam suntikan. Larutan homogen *PLLA/CA* disuntikkan ke dalam bath koagulasi pada suhu ruang, dimana jarak antara ujung suntikan dengan bath koagulasi dipertahankan pada 2cm untuk mendapatkan ukuran *beads* yang seragam. Kemudian *PLLA/CA beads* yang telah terbentuk direndam dalam larutan NaOH sehari semalam untuk menghilangkan kandungan *acetate*. Selanjutnya *PLLA/CA beads* dicuci beberapa kali dengan menggunakan *aquadest* hingga didapatkan pH netral. Kemudian *PLLA/CA beads* dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 24 jam. Sedangkan untuk uji yang harus dilakukan, yaitu uji *thermal stability PLLA/CA film* menggunakan uji TGA, untuk *mechanical property PLLA/CA film* dengan DMA, dan analisa morphology yaitu SEM. Untuk *PLLA/CA Beads* dilakukan uji *morphology*

yaitu SEM, untuk menganalisa *surface area* dengan BET dan terakhir adalah uji adsorpsi dengan spektrofotometri UV-VIS.

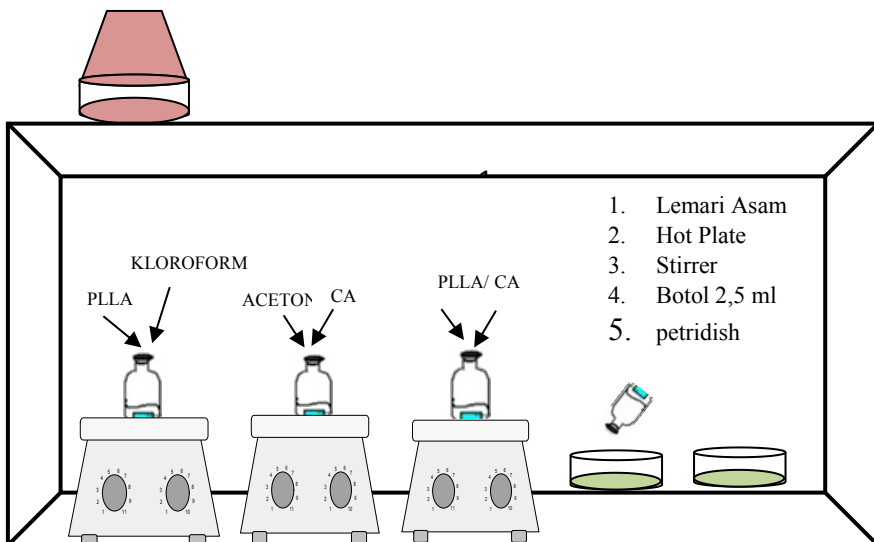
III.1. Bahan Yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

1. *PLLA (Poly L-Lactic Acid)*
2. Selulosa Asetat
3. Kloroform
4. Aseton
5. *NaOH* 0,5N
6. *HCl* 0,1N
7. *DMSO (Dimethyl Sufoxide)*
8. *Aquadest*
9. *Methylene Blue*

III.2. Peralatan Penelitian

III.2.1 Sintesa Film

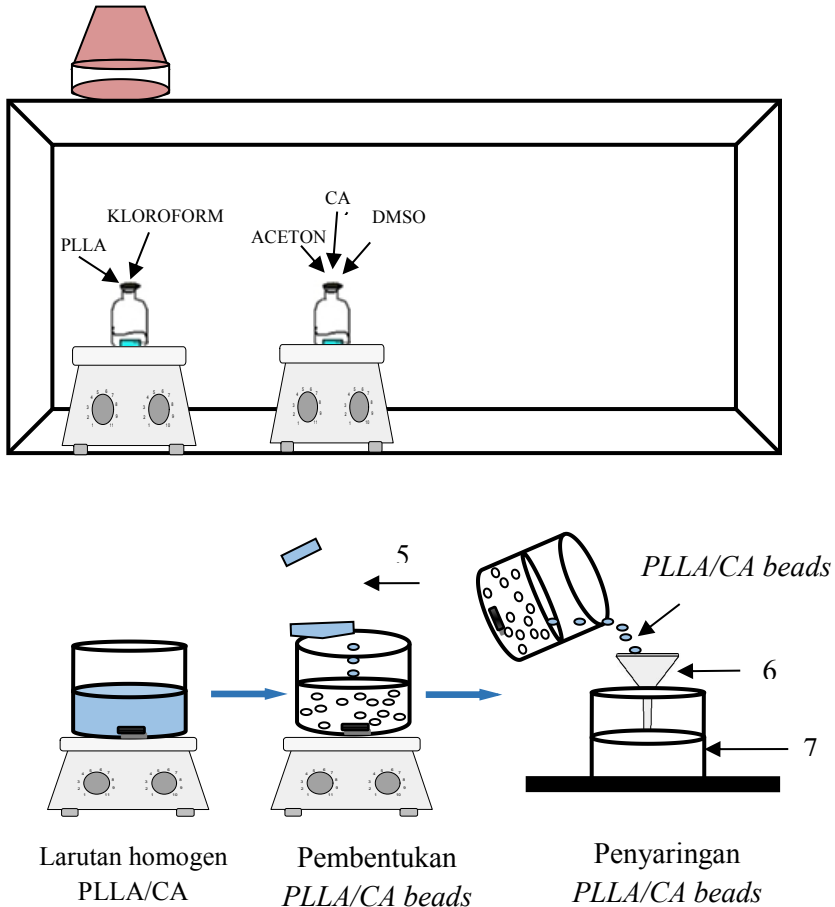


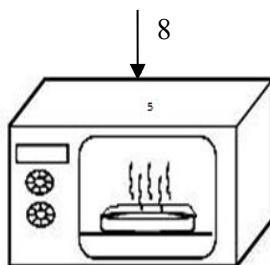
Gambar 3.1 Skema Alat Sintesa Film

Keterangan:

1. Ruang Asam
2. Hotplate
3. Stirrer
4. Botol Kaca
5. Petridish

III.2.2 Pembentukan PLLA/CA Beads





Gambar 3.2 Skema Proses Pembentukan *PLLA/CA Beads*

Keterangan :

1. Ruang Asam
2. Hotplate
3. Stirrer
4. Botol Kaca
5. Suntikan
6. Corong
7. Beaker glass
8. Oven

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Pembuatan Film

1. PLLA dicampur dengan pelarut kloroform dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam.
2. CA dicampur dengan pelarut aseton dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam.
3. Setelah PLLA larut, ditambahkan larutan CA yang kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 24 jam menggunakan hotplate.
4. Setelah 24 jam, campuran dicetak menjadi film pada *petridish* hingga cetakan rata menggunakan *waterpass*.

III.3.2 Pembentukan PLLA/CA Beads

1. PLLA dicampur dengan pelarut kloroform dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam.

2. CA dicampur dengan pelarut aseton dan DMSO dengan perbandingan 60% : 40%, diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam.
3. Setelah PLLA larut, ditambahkan larutan CA yang kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 24 jam menggunakan hotplate hingga menjadi larutan homogen.
4. Setelah terbentuk larutan homogen *PLLA/CA*, larutan dimasukkan kedalam suntikan.
5. Larutan homogen *PLLA/CA* disuntikkan ke dalam bath koagulasi pada suhu ruang, dimana jarak antara ujung suntikan dengan bath koagulasi dipertahankan pada 2cm untuk mendapatkan ukuran beads yang seragam.
6. Kemudian *PLLA/CA beads* yang telah terbentuk direndam dalam larutan NaOH sehari semalam untuk menghilangkan kandungan *acetate*.
7. Selanjutnya *PLLA/CA beads* dicuci beberap kali dengan menggunakan *aquadest* hingga didapatkan pH netral. Kemudian dikeringkan
8. *PLLA/CA beads* dikeringkan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 24 jam

III.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini :

- ~ Variabel Tetap : Konsentrasi larutan campuran film 5%, Konsentrasi larutan campuran *Beads* 10%, pH larutan metilen biru yaitu pH asam (2) dan basa (10)
- ~ Variabel Berubah : Perbandingan berat *PLLA/CA* : (a) 100/0 ; (b) 75/25 ; (c) 50/50 ; (d) 25/75 ; (e) 0/100

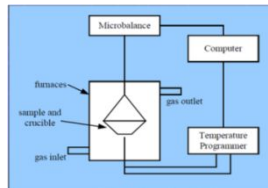
III.5 Karakterisasi Hasil Penelitian

Analisa yang dilakukan terhadap hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- **Uji Stabilitas Suhu (TGA)**

Pengukuran digunakan untuk menentukan komposisi material dan memprediksi stabilitas termalnya pada temperatur mencapai 800°C. Teknik ini dapat mengkarakterisasi material yang menunjukkan kehilangan atau penambahan berat akibat dekomposisi, oksidasi, atau dehidrasi. Teknik ini sesuai untuk berbagai macam material padat termasuk material organik maupun inorganik. Langkah persiapan sampel untuk TGA adalah sebagai berikut:

1. Sampel ditimbang sekitar 10-20 mg dimasukkan *sample pan* yang didukung oleh sebuah *precision balance*.
2. Dipanaskan dari suhu 30°C sampai 800°C dengan laju pemanasan 10°C/min.
3. *Pan* tersebut ditempatkan dalam suatu *furnace* dan dipanaskan selama eksperimen. Massa dari sampel dipantau selama eksperimen. Sampel dialiri oleh suatu gas untuk mengontrol lingkungan sampelnya. Gas yang digunakan dapat berupa gas inert atau gas reaktif yang mengalir melalui sampel dan keluar melalui *exhaust*.



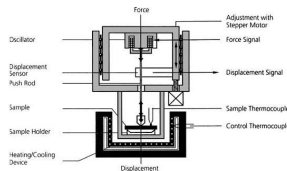
Gambar 3.3 Skematis Sistem Kerja TGA

- **Uji thermal-mekanik (DMA)**

Metode DMA digunakan pada beban yang berosilasi pada sampel dimana deformasi pada sampel disebabkan oleh perubahan temperatur dan tegangan yang dinamis diukur berdasarkan fungsi dari waktu, temperatur,

beban, dan frekuensi pembebanan dinamisnya. Langkah persiapan sampel untuk DMA adalah sebagai berikut :

1. Sampel diletakkan diantara dua penjepit
2. Satu penjepit bergerak relatif cepat terhadap yang lain
3. Gerakan yang ini menyebabkan sampel terdeformasi secara periodik seturut dengan frekuensi dari gerakan penjepit. Amplitudo deformasi dimonitor dengan *linear variable differential transformer* (LVDT) yang dihubungkan dengan penjepit. Dari alat ini akan diperoleh kurva perubahan panjang, yang akan terjadi pada saat perubahan fasa, terhadap temperatur.
4. Dari hasil pengukuran menggunakan DMA diperoleh hasil *tensile strength*, *young modulus*, serta *elongation at break*.

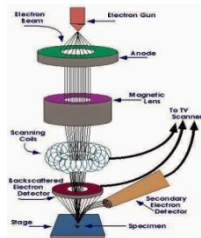


Gambar 3.4 Skematis Sistem Kerja DMA

- **Uji morfologi bead (SEM)**

SEM digunakan untuk mengetahui morfologi senyawa padatan dan komposisi unsur yang terdapat dalam suatu senyawa. Prinsip SEM yaitu menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan pancaran energy yang tinggi dari electron dalam suatu pola scan raster. Electron berinteraksi dengan atom – atom yang membuat sampel menghasilkan sinyal yang memberikan informasi mengenai permukaan topografi sampel, komposisi dan sifat – sifat lainnya seperti konduktivitas listrik. Langkah persiapan sampel untuk SEM adalah sebagai berikut:

1. Sampel diletakkan di atas specimen holder dimasukkan kedalam specimen chamber
2. Sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area
3. Sinar electron yang dihasilkan dari area gun dialirkan hingga mengenai sampel
4. Aliran sinar electron selanjutnya di fokuskan menggunakan *electron optic columb* sebelum sinar electron tersebut membentuk atau mengenai sampel
5. Setelah sinar mengenai sampel, akan terjadi interaksi-interaksi pada sampel yang disinari.
6. Selanjutnya akan dideteksi dan diubah ke dalam sebuah gambar oleh analisis SEM

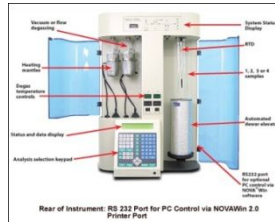


Gambar 3.5 Skematis Sistem Kerja SEM

- **Uji ukuran pori (BET)**

BET digunakan untuk karakterisasi permukaan suatu material yang meliputi surface area SA , m^2/g , diameter pori (D) dan volume pori ($V_{pr,cc/g}$). Langkah persiapan sampel untuk SEM adalah sebagai berikut:

1. Sampel sebelum dianalisa adalah dengan menghilangkan gas-gas yang terserap (*degassing*) dengan cara memanaskan dalam kondisi vacuum.
2. Menimbang berat sampel setelah *degassing* dengan tujuan supaya benar benar tau berat sampel sebenarnya setelah dibersihkan dari gas-gas yang terjebak.
3. Kemudian mengeset kondisi analisa
4. Setelah itu, mengamati hasil yang diperoleh



Gambar 3.6 Skematis Sistem Kerja BET

- **Uji Adsorpsi Bead (Spektrofotometri UV-VIS)**

Proses adsorpsi dilakukan dengan cara :

1. Merendam *PLLA/CA Beads* sebanyak 0,15 gram ke dalam 100 mL larutan *Methylene Blue* dengan konsentrasi 10%
2. Perendaman *PLLA/CA Beads* dilakukan selama 12 jam, dimana pH dari larutan *Methylene Blue* dijaga sesuai variabel yaitu pada pH 2 dan 10
3. Selanjutnya, larutan *Methylene Blue* setelah proses adsorpsi, dianalisa dengan metode Spektrofotometri UV/VIS untuk menganalisa konsentrasi *Methylene Blue* yang tersisa. Sehingga dapat dihitung konsentrasi *Methylene Blue* yang terserap.
4. Menghitung q (*Adsorpsi Capacities*) dan $\% R$ (*% removal*)

$$q =$$

$$\% R =$$

Dimana :

C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)

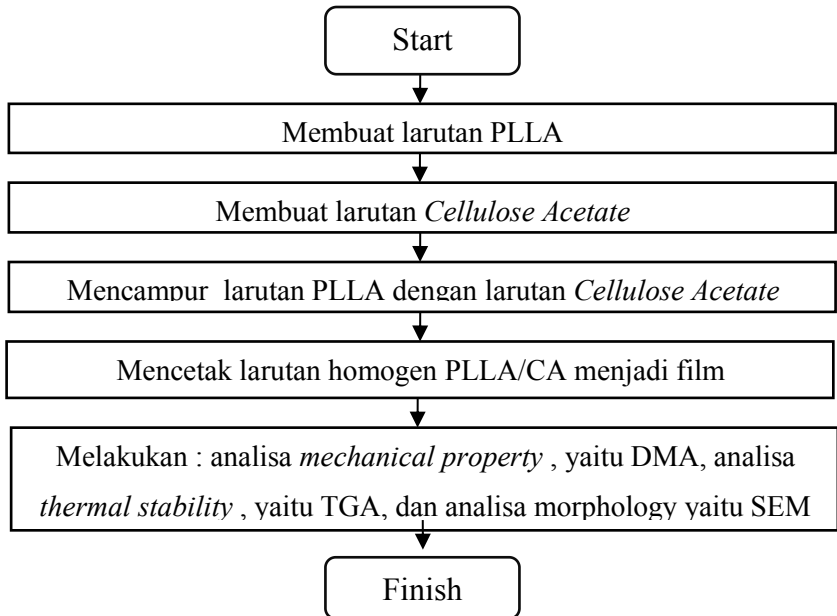
C_0 = Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)

G = Berat PLLA/CA (g)

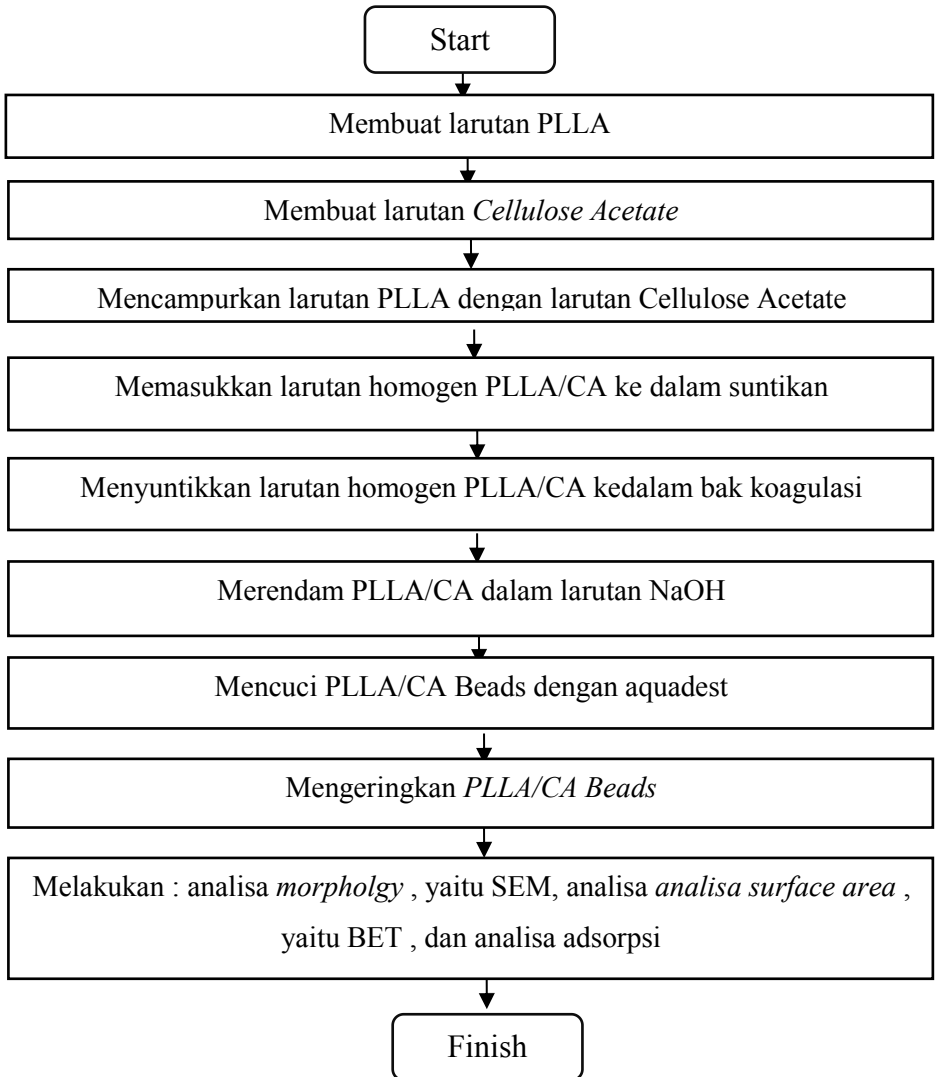
V = Volume larutan (L)

III.6 Blok Diagram Penelitian

III.6.1 Sintesa Film



III.6.2 Pembentukan PLLA/CA Beads



BAB IV

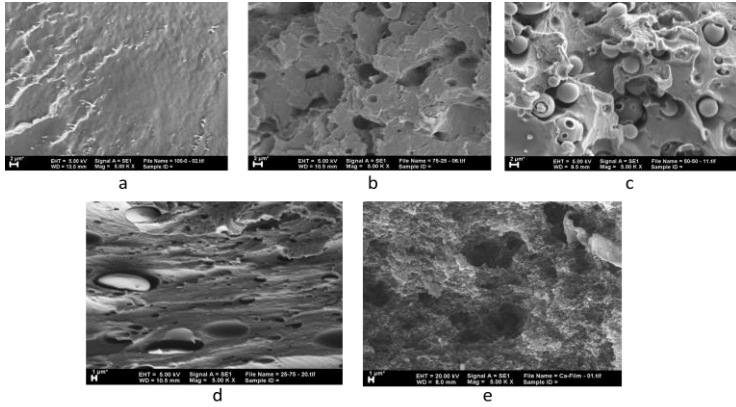
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan polimer *biodegradable* telah berlangsung selama beberapa tahun, dan merupakan bidang yang menarik bagi para ilmuwan untuk mengembangkannya. Polimer dari sumberdaya terbarukan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu: polimer alam seperti pati dan selulosa, polimer sintetis seperti PLA (Poli Asam Laktat), polimer fermentasi mikroba seperti poli hidroksibutat (PHB). *Poly (L-Lactid Acid) (PLLA)* merupakan biodegradable polimer yang mempunyai sifat mekanik yang bagus namun masih mempunyai kekurangan yang dapat membatasi penggunaannya, misalnya dalam bidang biomedik, lingkungan, tekstil. Sedangkan *Cellulose Acetate (CA)* merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai stabilitas yang baik terhadap suhu dan biokompatibiliti yang baik sehingga CA dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan. Dengan mempertimbangkan kelebihan masing-masing komponen, pencampuran antara *PLLA* dan *CA* diharapkan dapat membentuk biokomposit yang mempunyai sifat unggul dan kinerja yang baik pada pengaplikasiannya. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh perubahan perbandingan berat antara *PLLA* dan *CA* terhadap properties biokomposit *PLLA/CA film*, serta properties dan kinerja adsorpsi dari *PLLA/CA beads*, dan mempelajari pengaruh perubahan pH larutan

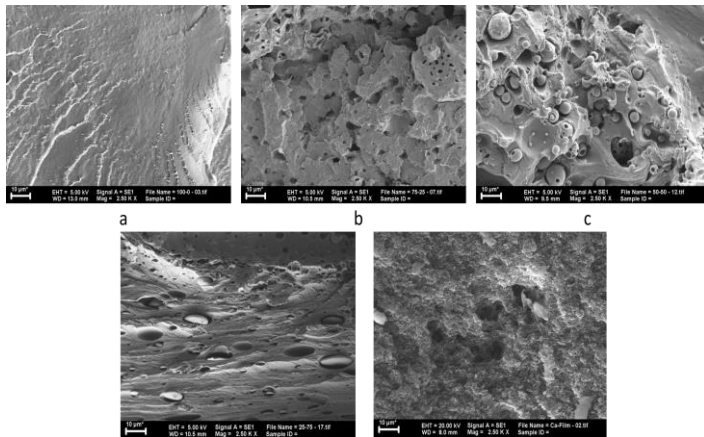
metilen biru terhadap kinerja adsorpsi dari *PLLA/CA beads*. Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan, yaitu tahap pertama adalah tahap sintesa film, dimana *PLLA* dilarutkan dalam kloroform sedangkan *CA* dilarutkan dalam aseton yang kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogen, kemudian larutan homogen dicetak menjadi film pada *petridish*. Untuk tahap kedua adalah tahap pembuatan *PLLA/CA Beads*, dimulai dari *PLLA* dilarutkan dalam kloroform sedangkan *CA* dilarutkan dalam aseton dan DMSO yang kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogen. Setelah terbentuk larutan homogen *PLLA/CA*, larutan disuntikkan kedalam bath koagulasi untuk membentuk *beads* yang kemudian direndam dalam larutan NaOH setelah itu dioven pada suhu 45°C selama 24 jam. Sedangkan untuk uji yang harus dilakukan, yaitu uji *thermal stability PLLA/CA film* dengan menggunakan TGA dan untuk *mechanical property PLLA/CA film* dengan DMA, dan morphology dengan SEM. Untuk *PLLA/CA Beads* dilakukan uji *morphology* yaitu SEM, untuk menganalisa *surface area* dengan BET dan terakhir adalah uji adsorpsi dimana *Methylene Blue* digunakan sebagai bahan yang diserap (adsorbat) yang konsentrasinya diukur dengan spektrofotometri UV-VIS.

IV.1 Hasil Penambahan CA pada Morfologi Film

Morfologi film dapat diketahui dengan SEM (*Scanning Electro Microscopy*) dengan pembesaran tertentu. Gambar (a) merupakan PLLA murni, (b) merupakan biokomposit PLLA/CA dengan perbandingan 75/25, (c) merupakan biokomposit PLLA/CA dengan perbandingan 50/50, (d) merupakan biokomposit PLLA/CA dengan perbandingan 25/75, dan (e) merupakan CA Murni. Hasil analisa SEM yang kami dapatkan pada pembesaran 5000x dan 2500x pada bagian patahan menunjukkan bahwa PLLA murni (100/0) terlihat lebih halus pada bagian patahan film. Sedangkan pada CA murni (0/100) terlihat adanya lubang-lubang (poros) pada bagian patahan film, hal ini sesuai dengan sifat dari CA itu sendiri yaitu merupakan polimer *biodegradable* yang mempunyai porosifitas tinggi. Dan pada PLLA/CA (25/75, 50/50, 75/25) campuran cenderung saling mengisi antar matriks. Namun tidak semua matriks campuran dapat saling mengisi satu sama lain, hal ini dapat dilihat pada gambar (b), (c) dan (d). Dikarenakan interaksi antara PLLA dan CA hanya terjadi pada ion H^+ dan O^- yang mengakibatkan kurangnya kompatibiliti antara kedua matriks.



Gambar 4.1 Hasil analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) PLLA/CA dengan perbesaran 5000x : (a) 100/0, (b) 75/25, (c) 50/50, (d) 25/75, (e) 0/100



Gambar 4.2 Hasil analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) PLLA/CA dengan perbesaran 2500x : (a) 100/0, (b) 75/25, (c) 50/50, (d) 25/75, (e) 0/100

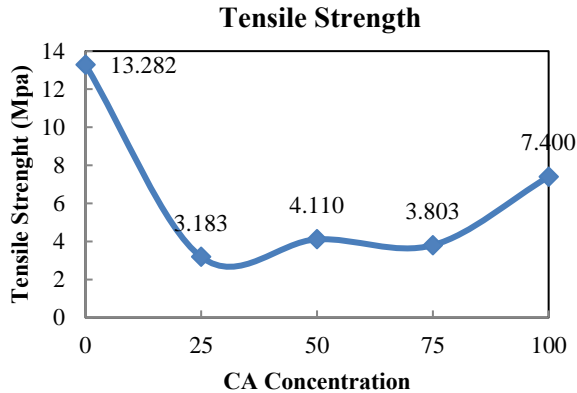
IV.2 Pengaruh Penambahan CA pada Properti Mekanik Film

Uji mekanik ini bertujuan untuk mengetahui properti mekanik dari PLLA/CA komposit, seperti *tensile strength*, *modulus young* dan *elongation at break*. Properti mekanik dari PLLA/CA komposit diuji menggunakan *Differential Mechanical Analyze* (DMA), Pengaruh uji mekanik pada PLLA/CA film, seperti *tensile strength*, *modulus young*, dan *elongation at break* digambarkan pada Gambar 4.3, Gambar 4.4, dan Gambar 4.5. Data kuantitatif diperlihatkan pada Table 4.1 :

Tabel 4.1 Nilai *Tensile Strength* dari Properti Mekanik PLLA/CA Komposit

Komposisi PLLA/CA	<i>Tensile Strength</i> (Mpa)
100/0	13.282
75/25	3.183
50/50	4.110
25/75	3.803
0/100	7.400

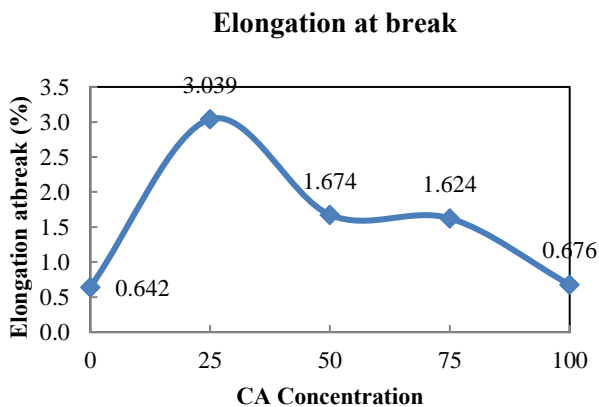
Gambar 4.3 *Tensile Strength* Film PLLA/CA dengan Perbandingan Konsentrasi 0/100; 75/25; 50/50; 25/75; 100/0



Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa penambahan CA tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai *tensile strength* komposit jika dibandingkan dengan PLLA murni dan CA murni. Gambar 4.3 menjelaskan Perbandingan PLLA/CA 25/75 dan 75/25 nilai *tensile strength* nya jauh lebih rendah dari pada PLLA dan CA murni. Hal ini dikarenakan dikarenakan tidak semua matrik CA dan matriks PLLA yang saling mengisi. Akan tetapi pada PLLA/CA 50/50 nilai *tensile strength* jauh lebih tinggi dibanding PLLA/CA 25/75 atau PLLA/CA 75/25 hal ini dikarenakan komposisi % berat antara CA dan PLLA sebanding. hal ini dapat dilihat morfologinya dari hasil SEM yang terlihat bahwa cenderung saling mengisi antar kedua matriks, akan tetapi nilai *tensile strength* campuran PLLA/CA 50/50 lebih rendah dibanding dengan PLLA dan CA murni, hal ini dikarenakan adanya gaya adhesi yang rendah pada campuran.

Tabel 4.2 Nilai *Elongation at break* dari Properti Mekanik PLLA/CA Komposit

Komposisi	<i>Elongation at break</i> (%)
100/0	0.642
75/25	3.039
50/50	1.674
25/75	1.624
0/100	0.676

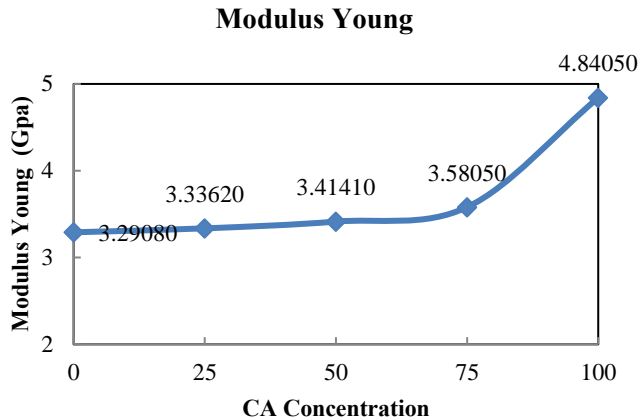


Gambar 4.4 *Elongation at Break* Film PLLA/CA dengan Perbandingan Konsentrasi 0/100; 75/25; 50/50; 25/75; 100/0

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada nilai *elongation at break* semakin banyak penambahan CA semakin rendah nilai *elongation at break* nya. Hal ini dikarenakan adanya matrik CA dan matriks PLLA yang saling mengisi sehingga membuat lapisan film tersebut berpori.. Akan tetapi pada PLLA murni nilai *elongation at break* lebih rendah dari pada campuran PLLA/CA. hal ini dikarenakan adanya sifat brittle (rapuh) dari PLLA sehingga mengakibatkan mudah patah.

Tabel 4.3 Nilai *Modulus Young* dari Properti Mekanik PLLA/MCC Komposit

Komposisi	<i>Modulus Young</i> (E) Mpa
100/0	3290.80
75/25	3336.20
50/50	3414.10
25/75	3580.50
0/100	4840.50



Gambar 4.5 Nilai *Modulus Young* Film PLLA/CA dengan Perbandingan Konsentrasi 100/0; 25/75; 50/50; 75/25; 0/100

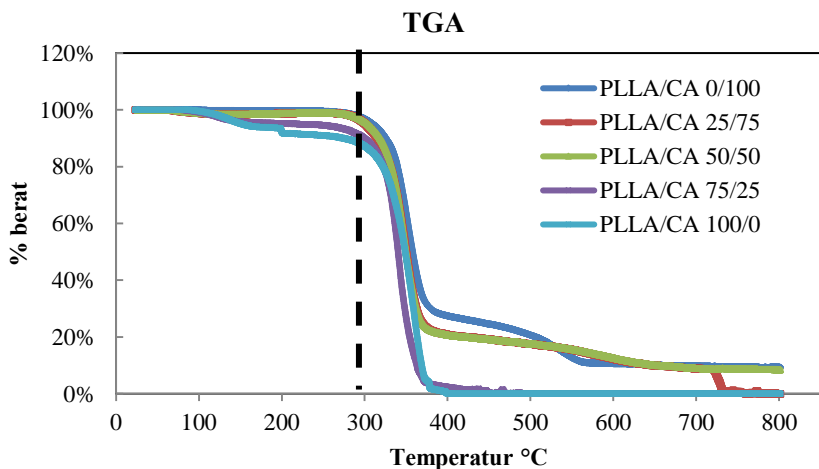
Pengaruh baik dari penambahan CA pada matriks PLLA terlihat pada Gambar 4.5, yaitu meningkatnya nilai *Modulus Young* pada PLLA/CA komposit. Nilai *modulus young* dari PLLA/CA komposit meningkat dari 3.29080 GPa menjadi 4.84050 GPa dengan bertambahnya konsentrasi CA. Peningkatan nilai *modulus young* dengan bertambahnya konsentrasi CA pada PLLA mengakibatkan adanya ikatan hidrogen dan kekakuan yang merupakan kekhasan dari sebuah polimer komposit.

Dari ketiga analisa diatas dapat disimpulkan bahwa nilai *tensile strength* dan *elongation at break* semakin menurun dengan bertambahnya CA. dikarenakan adanya matrik CA dan matriks PLLA yang saling mengisi sehingga membuat lapisan film tersebut berpori. Sedangkan untuk nilai *modulus young* semakin meningkat. Hal ini

dikarenakan kekakuan semakin meningkat dengan bertambahnya CA. secara keseluruhan hasil analisa DMA ini dipengaruhi oleh interaksi antara PLLA dan CA. hal ini dapat dilihat dari analisa SEM yang menunjukkan kurangnya kompatibiliti dari kedua material ini.

IV.3 Pengaruh Penambahan CA pada Kestabilan thermal

TGA (*Thermogravimetry Analysis*) analisa yang bertujuan untuk mengetahui penurunan massa biokomposit terhadap perubahan suhu yang diberikan. Penurunan massa tersebut menunjukkan adanya reaksi penguraian atau reaksi kimia pada produk biokomposit.



Gambar 4.6 Hasil analisa TGA (*Thermogravimetry Analysis*) PLLA/CA : 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0.

Gambar 4.6 menunjukkan penguraian massa produk biokomposit dengan penambahan CA pada suhu tertentu sampai akhirnya habis. Pada PLLA/CA film terjadi penguraian massa pada suhu 375°C sampai akhirnya pada suhu 390°C produk biokomposit benar benar habis.

Tabel 4.3 Kestabilan Suhu Produk Biokomposit PLLA/CA

Komposisi PLLA/CA	T _{onset} (°C)	T ₂₀ (°C)	T ₅₀ (°C)	Berat sisa saat suhu 500°C (%)
100/0	277,89	322,23	340,34	0
75/25	284,50	323,13	340,43	0
50/50	285,77	332,37	350,04	17,57
25/75	293,84	332,43	350,18	17,60
0/100	302,56	339,57	357,75	20,69

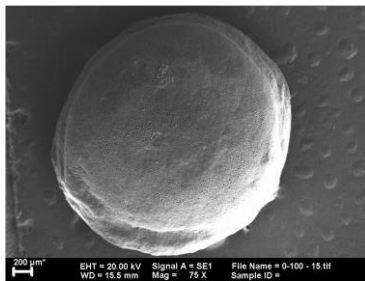
Pada tabel 4.3 menunjukkan data onset (data suhu degradasi) dari biokomposit. Dan pada saat T₂₀ dan T₅₀ menunjukkan biokomposit terdegradasi/ berkurang sebanyak 20% dan 50%. Dari tabel tersebut, didapatkan bahwa biokomposit PLLA/CA 0/100 terdegradasi pada suhu yang lebih tinggi yaitu sebesar 302,56°C bila dibandingkan dengan PLLA/CA 100/0 yang sebesar 277,89°C. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak CA yang ditambahkan, semakin tinggi kristalinitas dari biokomposit tersebut. Maka

panas yang diperlukan untuk menguraikan struktur kristalinitas dari biokomposit tersebut juga semakin tinggi. Sedangkan nilai pada berat sisa saat suhu 500°C paling besar terdapat pada PLLA/CA 0/100. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh CA yang terdapat pada PLLA memiliki stabilitas termal yang baik, sehingga semakin banyak CA semakin bagus kestabilan dari PLLA terhadap suhu tinggi sehingga berat sisa semakin besar.

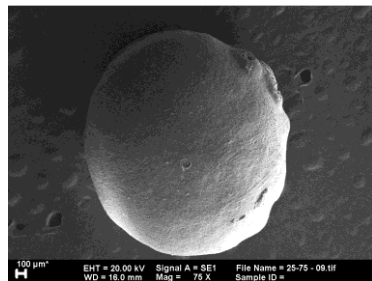
IV.4 Hasil Analisa SEM PLLA/CA Beads

Hasil analisa *SEM (Scanning Electro Microscopy)* bertujuan untuk mengetahui morfologi *PLLA/CA Beads* dan komposisi unsur yang terdapat dalam PLLA/CA Beads. Gambar 4.7 menunjukkan hasil analisa *SEM PLLA/CA* dengan perbesaran 75x. Gambar (a) merupakan biokomposit PLLA/CA 0/100, gambar (b) merupakan biokomposit PLLA/CA 25/75. Dari kedua gambar diatas secara keseluruhan bentuk beads yang diperoleh berbentuk bulat dengan adanya sedikit berongga pada permukaannya. Gambar 4.8 menunjukkan hasil analisa *SEM PLLA/CA* dengan perbesaran 1500x. Dari gambar (a) dapat diketahui bahwa ukuran dari Beads 2343 μm dimana keseluruhan permukaan *PLLA/CA 100/0 Beads* berpori dengan ukuran pori yang cukup seragam dan merata di seluruh permukaan beads. Hal ini telah sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa *Celullose Acetate* memiliki permukaan yang berpori di seluruh permukaannya dengan bentuk yang *bead* yang menyerupai bulat (Katrin et al. 2010) . Sedangkan gambar

(b) merupakan biokomposit PLLA/CA 25/75, dari hasil analisa dapat diketahui bahwa ukuran dari *beads* 2333 μm dimana pori-pori dari *Cellulose Acetate* berada didalam jaring-jaring benang *PLLA*. Dari pemaparan gambar diatas dapat diketahui bahwa ukuran Biokomposit *PLLA/CA beads* 0/100 jauh lebih besar dari ukuran biokomposit *PLLA/CA Beads* 25/75 akan tetapi untuk mengoptimalkan kecocokan antara *PLLA/CA* dapat dengan cara menambahkan “*compatibilizer agent*” *Tetraisopropyl Titanat (TP)*, mengoptimalkan kondisi pencampuran seperti komposisi pelarut, komposisi pencampuran, dan suhu yang digunakan.

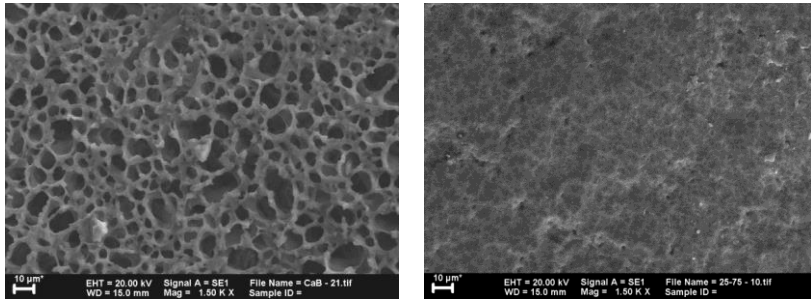


PLLA/CA : 0/100



PLLA/CA : 25/75

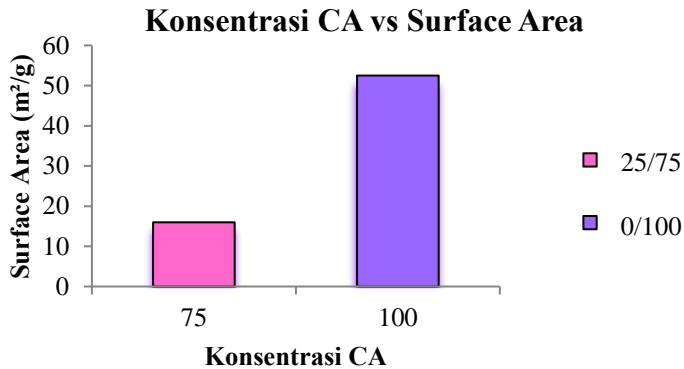
Mi



Gambar 4.8 Hasil analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) PLLA/CA perbesaran 1500x variabel **(a)** 0/100, **(b)** 25/75

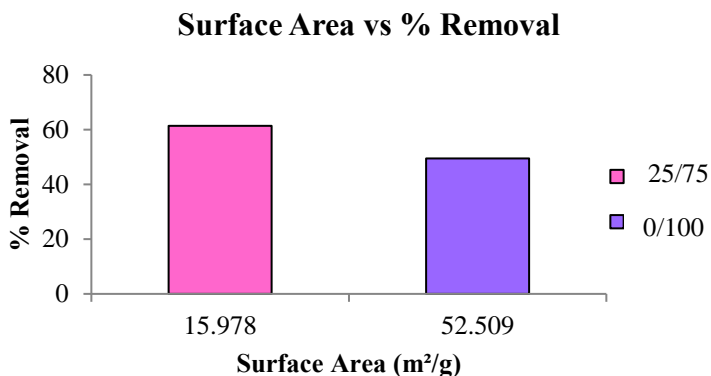
IV.5 Analisa BET PLLA/CA Beads

Analisa *BET* ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan dari *PLLA/CA Beads*, dimana seperti yang diketahui salah satu parameter dari proses adsorpsi adalah luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran adsorben maka semakin luas permukaannya. Berikut adalah hasil uji analisa luas permukaan dari *PLLA/CA Beads* yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.9 Grafik Hasil analisa BET untuk PLLA/CA

Dari gambar 4.9 diperoleh luas permukaan paling besar terdapat pada *PLLA/CA* 0/100, yaitu sebesar 52,509 m²/g. Dari analisa tersebut dapat diketahui bahwa biokomposit *PLLA/CA* 25/75 memiliki luas permukaan jauh lebih kecil daripada luas permukaan biokomposit *PLLA/CA* 0/100, dimana hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin banyak *Cellulose Acetate* yang ditambahkan maka luas permukaan akan semakin besar dan berpori (Katrin et.al 2010). Perbedaan luas permukaan *PLLA/CA Beads* ini dapat mempengaruhi daya adsorpsi pada larutan metilene biru, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.10 di bawah ini :



Gambar 4.10 Grafik Hubungan surface area *PLLA/CA Beads* dengan % Removal pada pH netral

Dari gambar 4.10 diatas dapat diketahui bahwa % Removal terbesar diperoleh dari biokomposit *PLLA/CA* 25/75 sebesar 61,399% dengan luas permukaan terkecil yaitu sebesar 15,978 m²/g. Hal ini tidak sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin kecil ukuran adsorben maka semakin luas permukaannya, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif karena semakin banyak adsorbat yang diserap, hal ini dikarenakan adanya gugus fungsi oksigen – hidrogen pada permukaan *PLLA/CA Beads* yang menghasilkan ikatan *Van der Waals* berupa interaksi elektrostatis dan adanya transfer elektron secara langsung antara adsorbat dan adsorben, sehingga banyak metilen biru yang dapat tersorpsi pada permukaan *PLLA/CA Beads* (Richard D. Noble, et. al), dan juga ketidakseragaman pada saat proses penyuntikkan larutan homogen *PLLA/CA Beads* ke dalam bak koagulasi.

IV.6 Hasil Analisa Penyerapan Metilen Biru

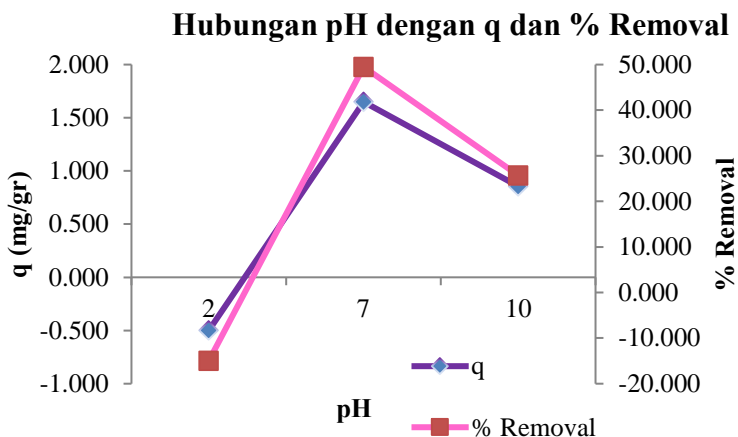
Analisis penyerapan metilen biru oleh *PLLA/CA Beads* yang telah di oven pada suhu 45°C selama 24 jam untuk memastikan tidak adanya air yang mengisi pori-pori *PLLA/CA Beads* sehingga kemampuan adsorpsi *PLLA/CA Beads* terhadap metilen biru lebih maksimal. *PLLA/CA Beads* yang sudah kering ditimbang sebanyak 0,15 gram yang kemudian direndam dalam larutan metilen biru 5 ppm sebanyak 100 ml selama 12 jam. Pada proses ini terjadi peristiwa adsorpsi antara adsorben berupa *PLLA/CA Beads* dengan adsorbat berupa larutan metilen biru.

Selama proses adsorpsi, larutan metilen biru banyak yang teradsorpsi dalam pori-pori *PLLA/CA Beads*. Larutan metilen biru sisa adsorpsi tersebut kemudian di analisa menggunakan *Spektrofotometer UV-Vis* pada gelombang 663 nm. Hasil analisa menggunakan Spektrofotometer yaitu nilai adsorbansi (A). Nilai adsorbansi yang diperoleh, dijadikan data untuk menghitung banyaknya metilen biru yang terserap oleh *PLLA/CA Beads*. Berikut hasil adsorpsi metilen biru dengan menggunakan *PLLA/CA Beads* yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut :

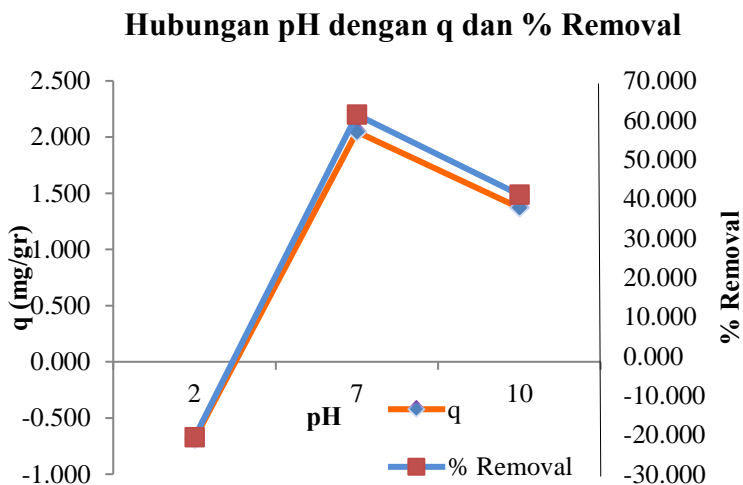
Tabel 4.4 Hasil Analisa Adsorpsi Metilen Biru oleh
PLLA/CA Beads

No	Variabel PLLA/CA	q (mg/gr)			% Removal		
		pH netral	pH asam	pH basa	pH netral	pH asam	pH basa
1	0/100	1,650	-0,499	0,857	49,487	-14,972	25,710
2	25/75	2,047	-0,688	1,371	61,399	-20,640	41,118

Pada percobaan ini divariasikan pH awal larutan *methylene blue* dengan variasi pH 2 dan 10. Berikut adalah grafik pengaruh pH awal larutan *methylene blue* terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan gambar 4.12 di bawah ini :



Gambar 4.11 Grafik Hubungan pH dengan q dan % removal untuk PLLA/CA 0/100



Gambar 4.12 Grafik Hubungan pH dengan q dan % removal untuk biokomposit PLLA/CA 25/75

Dari kedua grafik diatas dapat dilihat dijelaskan bahwa pada pH basa *PLLA/CA Beads* dapat mengadsorp larutan metilen biru lebih banyak daripada *PLLA/CA Beads* pada pH asam. Hal ini dikarenakan nilai pH menentukan perubahan permukaan adsorbent dan bentuk ionik dari pewarna. Seperti yang diketahui metilen biru adalah zat pewarna kationik yang memiliki ion positif yang kuat dimana ion positif dari zat pewarna kationik dapat berinteraksi kuat dengan ion negatif dari adsorbent. Pada pH rendah, permukaan adsorbent akan bernilai positif yang menunjukkan afinitas untuk pewarna anionik. Sedangkan pada pH tinggi permukaan dari adsorbent akan bermuatan negatif dan dapat berinteraksi elektrostatis dengan pewarna kationik. Sehingga nilai kapasitas adsorpsi pada pH basa lebih besar daripada nilai kapasitas adsorpsi pada pH asam. Hal ini dapat dijelaskan dengan interaksi gaya elektrostatis antara zat warna metilen biru yang bersifat kationik (+) dengan permukaan adsorben yang bermuatan negatif. Gaya tarik menarik ini semakin kuat dengan semakin meningkatnya permukaan negatif dari adsorben hingga mencapai kondisi optimumnya (Biliuta dan Suteu, 2015). Ketika pH larutan semakin meningkat permukaan adsorben akan bermuatan negatif (-) mengakibatkan peningkatan daya adsorpsi Metilen Biru. Karena adanya peningkatan daya tarik elektrostatis antara pewarna kationik (+) dengan adsorben bermuatan negatif (-). Sedangkan pada pH asam terjadi penurunan daya adsorpsi cukup signifikan ini dikarenakan metilen biru ketika dilarutkan dalam air

memberikan ion positif dalam air, sehingga apabila dalam larutan pH asam permukaan adsorbent akan bermuatan positif dan akan cenderung menentang adsorpsi dari zat pewarna kationik (metilen biru). Sehingga menyebabkan konsentrasi larutan akhir metilen biru meningkat dari konsentrasi awal dikarenakan adanya penambahan ion positif dalam larutan. Dan indikator Metilen Biru menunjukkan adanya kecocokan dengan larutan saat pH basa.

Akan tetapi nilai %removal untuk pH basa lebih rendah daripada nilai %removal pada pH netral, hal ini tidak sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa nilai %removal akan semakin meningkat dengan seiring meningkatnya pH larutan (Morales, Bordallo et.al 2004). Hal ini dikarenakan pada pH basa metilen biru akan membentuk garam yang mengionisasi gugus negatif dari metilen biru, yaitu Cl^- . Pada saat yang bersamaan ion OH^- dari *PLLA/CA Beads* akan menghambat penyerapan dari metilen biru dalam bentuk ion, karena akan terjadi repulse yang terjadi akibat muatan yang sama antara daerah sekitar pori-pori adsorbent dan muatan metilen biru. Hal ini mengakibatkan metilen biru akan susah masuk kedalam pori-pori *beads* dan terserap kedalam pori-pori *beads*.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai %removal pada biokomposit PLLA/CA 25/75 dapat mengadsorp metilen biru lebih baik daripada PLLA/CA 0/100, hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah CA dalam suatu *beads* akan didapatkan nilai %removal jauh

lebih rendah karena metilen biru memiliki sifat daya tarik menarik yang lemah pada material selulosa. Sehingga untuk meningkatkan nilai adsorpsi beads ini dapat ditambahkan dengan material PLLA agar dapat mengadsorp larutan metilen biru lebih optimum. Sehingga dari penjelasan diatas biokomposit PLLA/CA 25/75 pada pH netral memiliki nilai %removal paling optimum, yaitu sebesar 61,399%

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh perubahan perbandingan berat PLLA/CA Film yaitu, semakin banyak CA yang ditambahkan nilai tensile strength dan elongation at break semakin menurun, tetapi nilai modulus young semakin meningkat, dan semakin tinggi suhu yang diperlukan untuk terdegradasi. Sedangkan untuk properties PLLA/CA Beads semakin banyak kandungan *Cellulose Acetate* pada *beads* maka akan didapatkan permukaan *beads* yang semakin berpori dengan luas permukaan yang semakin besar juga, sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi semakin meningkat dengan penambahan material PLLA dalam PLLA/CA Beads.
2. Nilai % Removal pada pH netral lebih besar dibandingkan % removal pada pH basa dan pH asam, yaitu sebesar 61,399%

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisa FT-IR untuk mengetahui unsur yang ada pada biokomposit PLLA/CA Film
2. Perlu dilakukan analisa DSC untuk mengetahui nilai Tg dan Tm produk biokomposit PLLA/CA Film
3. Perlu dilakukan analisa BET untuk mengetahui diameter pori biokomposit PLLA/CA Beads

4. Untuk analisa spektrofotometer UV-VIS selanjutnya perlu diperhatikan untuk varibel pH larutan metilen biru, dimana range pH metilen biru berkisar 6-8. Sehingga untuk mendapatkan hasil analisa adsorpsi yang lebih akurat adsorpsi larutan dapat dilakukan pada range tersebut. Dan juga diperlukan variabel perbandingan berat PLLA/CA yang lebih banyak agar dapat dibandingkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chen Li Fu, Tsao George T. (1976). "Physical Characteristics of Porous Cellulose Beads as Supporting Material for Immobilized Enzymes". *Biotechnology and bioengineering*. 18, 1507-1516.
2. Entcheva, E.; Bien, H.; Yin, L.; Chung, C.-Y.; Farrell, M.; Kostov, Y. (2004). "Biomaterials". 25, 5753-5762.
3. Fernandes, E. M.; Pires, R. A.; Mano, J. F.; Reis, R. L. (2003). "*Prog. Polym. Sci*". 38, 1415-1441.
4. Fischer S, Tummeler K, Volkert B, Hettrich K, Schmidt I, Fischer K. (2008). "Properties and Application of Cellulose Acetate". 262, 89-96.
5. Martin Gericke, Jani Trygg, and Pedro Fardim. "Functional Cellulose Beads: Preparation, Characterization, and Applications". *Chem. Rev.* dx.doi.org/10.1021/cr300242j
6. Rui M. A. Domingues, Manuela E. Gomes, and Rui L. Reis. "The potential of Cellulose Nanocrystals in Tissue Engineering strategies". *Biomacromolecules*, Just Accepted Manuscript • Publication Date (Web): 10 Jun 2014
7. Sescousse R, Gavillilon R. (2011). "Wet and Dry Highly Porous Cellulose Beads from Cellulose-NaOH-Water Solution: Influence of The Preparation Condition on Beads Shape and Encapsulation of Inorganic Particles". 46, 759-765.
8. Suteu D, Biliuta G, Rusu L, Coseri S, Nacu G. "Cellulose Cellets as New Type of Adsorbent for The Removal of Dyes Aqueous Media". 14 (3), 525-532.
9. V. Weber, I. Linsberger, M. Ettenauer, F. Loth, M. Hoyhtya, D. Falkenhagen. (2005). "Biomacromolecules". 6, 1864.
10. Witthayaprapakorn C, Thananukul K, Suttunun N, Punyamonwongsa P, Molloy

- R.(2013) “ Preparation of Biodegradable Polymer Blended of Poly(L-Lactic Acid)/Cellulose Acetate Film in The Solvent Mixture”. 664, 702-706.
11. Yu L, Dean K, Li L. (2006). “Polymer Blends and Composites from Renewable Resources”. 31, 576-602.
 12. Pathania Deepak, Katrin (2010), “Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from Ficu carica bast” India
 13. Dhananasekaran, Solairaj (2016) “Adsorption of Methylene Blue, Bromophenol Blue by α -chittin”. 7, 113-214.
 14. Morales A, Bordallo (2004). “ Adsorption and Rellase Properties of Beads Cellulose”. Vol.5 No.5 417-423

DAFTAR NOTASI

1. P = Tekanan gas yang teradsorpsi
2. V_{ads} = Volume gas yang diadsorpsi pada tekanan P
3. P_o = Tekanan gas yang membentuk *monolayer*
4. V_m = Volume gas yang diadsorpsi pada lapisan monolayer
5. C = Tetapan BET
6. G = Berat PLLA/CA (g)
7. V = Volume larutan (L)
8. C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)
9. C_o = Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)
10. ρ = Massa jenis (gr/cm³)
11. m = Massa (gr)
12. L_o = Panjang awal sampel (m)
13. A_o = Luas awal sampel (m²)
14. T = Waktu (detik)
15. F = Gaya (Newton)
16. σ = Stress (N/m²)
17. ε = Strain
18. E = Modulus Young (MPa)
19. q = Kapasitas Adsorpsi
20. % R = % Removal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

APPENDIKS A

PERHITUNGAN KOMPOSISI BAHAN

1. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk PLLA/CA Film.

Diketahui :

- ~ Perbandingan berat solute dan solvent : 5%
- ~ Berat solute : 1 gr
- ~ Densitas kloroform : 1,49
- ~ Densitas aseton : 0,791
- ~ Perbandingan kloroform : aseton : 70% : 30%

Contoh perhitungan :

a. PLLA/CA : 100/0

- $5\% \times \text{Berat Larutan Total} = \text{Berat Solute}$
 $5\% \times \text{Berat Larutan Total} = 1 \text{ gr}$
 $\text{Berat Larutan Total} = 20 \text{ gr}$
- $95\% \times \text{Berat Larutan Total} = \text{Berat Solvent}$
 $95\% \times 20 = 19 \text{ gr}$
- Volume kloroform yang dibutuhkan :

$$\frac{\rho}{1,49} =$$

$$\text{Volume} = 12,8 \text{ ml}$$
- $\text{Kebutuhan CA} = x \text{ berat solute}$
 $= x 1 \text{ gr}$
 $= 0 \text{ gr}$
- $\text{Kebutuhan PLLA} = \text{Total berat solute} - \text{kebutuhan CA}$
 $= 1 \text{ gr} - 0 \text{ gr}$
 $= 1 \text{ gr}$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 0/100

b. PLLA/CA : 75/25

- $5\% \times \text{Berat Larutan Total} = \text{Berat Solute}$
 $5\% \times \text{Berat Larutan Total} = 1 \text{ gr}$
- | | | |
|---------|---------|-------|
| Berat | Larutan | Total |
| = 20 gr | | |
- $95\% \times \text{Berat Larutan Total} = \text{Berat Solvent}$
 $95\% \times 20 \text{ gr} = 19 \text{ gr}$
- Volume kloroform yang dibutuhkan :
 $70\% \times 19 \text{ gr} = 13,3 \text{ gr}$
 $\rho =$
 $1,49 =$
 $\text{Volume} = 9 \text{ ml}$
- Volume aseton yang dibutuhkan :
 $30\% \times 19 \text{ gr} = 5,75 \text{ gr}$
 $\rho =$
 $0,791 =$
 $\text{Volume} = 7,2 \text{ ml}$
- $\text{Kebutuhan CA} = x \text{ berat solute}$
 $= x 1 \text{ gr}$
 $= 0,25 \text{ gr}$
- $\text{Kebutuhan PLLA} = \text{Total berat solute} - \text{kebutuhan CA}$
 $= 1 \text{ gr} - 0,25 \text{ gr}$
 $= 0,75 \text{ gr}$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 50/50 ; 25/75

2. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk PLLA/CA Beads

Diketahui :

- ~ Perbandingan berat solute dan solvent : 10%
- ~ Berat solute : 2 gr
- ~ Densitas kloroform : 1,49

- ~ Densitas aseton : 0,791
- ~ Perbandingan kloroform : aseton : 20% : 80%
- ~ Perbandingan aseton : DMSO : 60% : 40%

Contoh perhitungan :

a. PLLA/CA : 100/0

- $10\% \times \text{Berat Larutan Total}$ = Berat Solute
 $10\% \times \text{Berat Larutan Total}$ = 2 gr
 $\text{Berat Larutan Total}$ = 20 gr
- $90\% \times \text{Berat Larutan Total}$ = Berat Solvent
 $90\% \times 20 \text{ gr}$ = 18 gr
- Volume kloroform yang dibutuhkan :
 $\rho = 1,49$
 $\text{Volume} = 12,08 \text{ ml}$
- Kebutuhan CA = x berat solute
 $= x 2 \text{ gr}$
 $= 0 \text{ gr}$
- Kebutuhan PLLA = Total berat solute – kebutuhan CA
 $= 2\text{gr} - 0\text{gr}$
 $= 2 \text{ gr}$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 0/100

c. PLLA/CA : 75/25

- $10\% \times \text{Berat Larutan Total}$ = Berat Solute
 $10\% \times \text{Berat Larutan Total}$ = 2 gr
- $\text{Berat Larutan Total}$ = 18 gr
 $90\% \times \text{Berat Larutan Total}$ = Berat Solvent
 $90\% \times 20 \text{ gr}$ = 18 gr
- Volume kloroform yang dibutuhkan :

$$70\% \times 18\text{gr} = 12,6 \text{ gr}$$

$$\rho =$$

$$1,49 =$$

$$\text{Volume} = 8,5 \text{ ml}$$

○ Volume aseton yang dibutuhkan :

$$30\% \times 18 \text{ gr} = 5,4\text{gr}$$

$$\sim \text{Aseton} = 5,4 \text{ gr} \times 60\%$$

$$= 3,24 \text{ gr}$$

$$\rho =$$

$$0,79 =$$

$$\text{Volume} = 4,10 \text{ ml}$$

$$\sim \text{DMSO} = 5,4 \text{ gr} \times 40\%$$

$$= 2,16 \text{ gr}$$

$$\rho =$$

$$1,1 =$$

$$\text{Volume} = 2 \text{ ml}$$

$$\circ \text{Kebutuhan CA} = x \text{ berat solute}$$

$$= x 1 \text{ gr}$$

$$= 0,5 \text{ gr}$$

$$\circ \text{Kebutuhan PLLA} = \text{Total berat}$$

$$\text{solute} - \text{kebutuhan CA}$$

$$= 2\text{gr} - 0,5\text{gr}$$

$$= 1,5 \text{ gr}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 50/50 ; 25/75

APPENDIKS B

PERHITUNGAN LARUTAN METILEN BLUE

1. Larutan Induk Metilen Blue 200 ppm

Pembuatan larutan induk *methylene blue* 200 ppm dilakukan dengan cara melarutkan kristal *methylene blue* sebanyak 2 gram dengan aquades kemudian diencerkan sampai 500mL menggunakan labu ukur 500 mL. Penimbangan kristal *methylene blue* sebanyak 2 gram berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sim 1 \text{ ppm} &= 1 \text{ mg/l} \\ 200 \text{ ppm} &= 500 \text{ ml}\end{aligned}$$

2. Larutan Standar

Larutan induk 200 ppm diencerkan menjadi 20 ppm sebanyak 200 mL kemudian diencerkan lagi menjadi 2 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ppm sebanyak 100 mL sebagai larutan standar, menggunakan rumus berikut :

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

dengan: V_1 = volume larutan sebelum pengenceran

M_1 = konsentrasi larutan sebelum pengenceran

V_2 = volume larutan setelah pengenceran

M_2 = konsentrasi larutan setelah pengenceran

a) Larutan 20 ppm

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$\begin{aligned}V_1 &= \\ &= \\ &= 20 \text{ ml}\end{aligned}$$

b) Larutan standar 2 ppm

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$\begin{aligned}V_1 &= \\ &= \\ &= 10 \text{ ml}\end{aligned}$$

Perhitungan ini analog untuk larutan standar 4 ; 5; 6 ; 8 ; 10 ppm, sehingga volume larutan 20 ppm yang dibutuhkan untuk

membuat masing-masing larutan standar tersebut adalah 20 ; 25 ; 30 ; 40 ; 50 ml

3. Larutan Adsorbat

Konsentrasi larutan adsorbat adalah 5 ppm sebanyak 100ml. Banyaknya larutan yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 =$$

$$=$$

$$= 25 \text{ ml}$$

APPENDIKS C

UJI ANALISA MEKANIK

1. Hasil Analisa Mekanik Menggunakan *Differential Mechanical Analyze* (DMA)

$$\begin{aligned}\text{Panjang Awal Sampel (Lo)} &= 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \\ \text{Lebar Awal Sampel} &= 3,3 \text{ mm} = 0,0033 \text{ m} \\ \text{Thickness Sampel} &= 110 \text{ }\mu\text{m} = 0,00011 \text{ m} \\ \text{Luas Awal Sampel (Ao)} &= \text{Lebar} \times \text{Thickness} \\ &= 0,0033 \text{ m} \times 0,00011 \text{ m} \\ &= 0,000000451 \text{ m}^2\end{aligned}$$

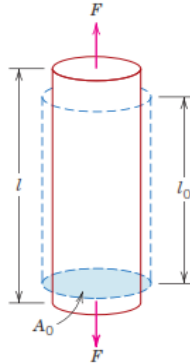
$$\begin{aligned}\text{2. Panjang Awal Sampel (Lo)} &= 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \\ \text{Lebar Awal Sampel} &= 4,1 \text{ mm} = 0,0041 \text{ m} \\ \text{Thickness Sampel} &= 145 \mu\text{m} = 0,000145 \text{ m} \\ \text{Luas Awal Sampel (Ao)} &= \text{Lebar} \times \text{Thickness} \\ &= 0,0041 \text{ m} \times 0,000145 \text{ m} \\ &= 0,000000594 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{3. Panjang Awal Sampel (Lo)} &= 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \\ \text{Lebar Awal Sampel} &= 4,2 \text{ mm} = 0,0042 \text{ m} \\ \text{Thickness Sampel} &= 200 \text{ }\mu\text{m} = 0,0002 \text{ m} \\ \text{Luas Awal Sampel (Ao)} &= \text{Lebar} \times \text{Thickness} \\ &= 0,0042 \text{ m} \times 0,0002 \text{ m} \\ &= 0,00000084 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{4. Panjang Awal Sampel (Lo)} &= 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \\ \text{Lebar Awal Sampel} &= 3,7 \text{ mm} = 0,0037 \text{ m} \\ \text{Thickness Sampel} &= 140 \text{ }\mu\text{m} = 0,00014 \text{ m} \\ \text{Luas Awal Sampel (Ao)} &= \text{Lebar} \times \text{Thickness} \\ &= 0,0037 \text{ m} \times 0,00014 \text{ m} \\ &= 0,000000518 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{5. Panjang Awal Sampel (Lo)} &= 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \\ \text{Lebar Awal Sampel} &= 4,2 \text{ mm} = 0,0042 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Thickness Sampel} &= 120 \mu\text{m} = 0,00012 \text{ m} \\
 \text{Luas Awal Sampel (A}_0\text{)} &= \text{Lebar} \times \text{Thickness} \\
 &= 0,0042 \text{ m} \times 0,00012 \\
 &\text{m} = 0,000000504 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 1. Skema Penampang Sampel

Tabel 1. Hasil Analisa DMA dengan %berat PLLA/CA 100/0

Index	t (sekon)	F (N)	x (um)	x (m)
0	29	1.035	11.221	0.0000112
1	51	2.493	24.642	0.0000246
2	68	3.231	31.006	0.0000310
3	81	4.109	39.506	0.0000395
4	94	5.029	49.527	0.0000495
5	108	5.990	62.289	0.0000623
6	133	1.361	54.149	0.0000451

Tabel 2. Hasil Analisa DMA dengan %berat PLLA/CA 75/25

Index	t (sekon)	F (N)	x (um)	x (m)
0	14	0.970	9.232	0.0000092
1	34	1.892	17.896	0.0000179
2	46	0.182	607.884	0.0006079

Tabel 3. Hasil Analisa DMA dengan %berat PLLA/CA 50/50

Index	t (sekon)	F (N)	x (um)	x (m)
0	21	0.974	8.558	0.0000086
1	41	1.953	15.390	0.0000154
2	60	3.452	27.344	0.0000273
3	82	1.820	334.879	0.0003349

Tabel 4. Hasil Analisa DMA dengan %berat PLLA/CA 25/75

Index	t (sekon)	F (N)	x (um)	x (m)
0	21	0.945	10.643	0.0000106
1	40	1.970	22.508	0.0000152

2	65	0.041	324.748	0.0003247
---	----	-------	---------	-----------

Tabel 5. Hasil Analisa DMA dengan %berat PLLA/CA 0/100

Index	t (sekon)	F (N)	x (um)	x (m)
0	15	1.021	11.201	0.0000112
1	24	2.218	24.985	0.0000250
2	47	3.730	43.801	0.0000438
3	64	3.647	43.169	0.0000432

6. Hasil Perhitungan Stress - Strain Analisa Mekanik Menggunakan *Differential Mechanical Analyze* (DMA)

Tabel 6. Perhitungan *Stress - Strain* dengan %berat PLLA/CA 100/0

Index	Strain (ϵ) m/m	Stress (σ) Mpa
0	0.00056	2.295
1	0.00123	5.527
2	0.00155	7.164
3	0.00198	9.110
4	0.00248	11.151

5	0.00311	13.282
6	0.00271	3.017

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Stress - Strain* dengan %berat
PLLA/CA 75/25

Index	Strain (ϵ) m/m	Stress (σ) Mpa
0	0.000462	1.63203
1	0.000895	3.18299
2	0.030394	0.30575

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Stress - Strain* dengan %berat
PLLA/CA 50/50

Index	Strain (ϵ) m/m	Stress (σ) Mpa
0	0.00043	1.159
1	0.00077	2.326
2	0.00137	4.110
3	0.01674	2.167

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Stress - Strain* dengan %berat
PLLA/CA 25/75

Index	Strain (ϵ) m/m	Stress (σ) Mpa
0	0.00053	1.824

1	0.00092	3.803
2	0.01624	0.079

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Stress - Strain* dengan %berat PLLA/CA 100/0

Index	Strain (ϵ) m/m	Stress (σ) Mpa
0	0.00056	2.025
1	0.00125	4.401
2	0.00219	7.400
3	0.00216	7.236

- Contoh perhitungan nilai *stress* dan *strain* berdasarkan hasil analisa *Differential Mechanical Analyze* (DMA) :
 - Perhitungan nilai *stress* dan *strain* untuk hasil analisa DMA perbandingan PLLA/CA 100/0:
 - Untuk menghitung nilai *stress*, dapat menggunakan rumus:

$$\text{Stress (} \sigma \text{)} = \frac{F}{A_o}$$

Dimana :

F = Gaya yang diberikan (N)

A_o = Luas awal sampel (m)

Jika data yang diketahui pada index #0, F = 1,035 N maka:

$$\text{Stress (} \sigma \text{)} = \frac{F}{A_o}$$

$$\text{Stress } (\sigma) = \frac{F}{A_o}$$

$$\text{Stress } (\sigma) = \frac{1,035 \text{ N}}{0,000000451 \text{ m}^2}$$

$$\text{Stress } (\sigma) = 2294722,84 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Stress } (\sigma) = 2294722,84 \text{ N/m}^2 \times 10^{-6}$$

$$\text{Stress } (\sigma) = 2,295 \text{ MPa}$$

- Untuk menghitung nilai *strain*, dapat menggunakan rumus:

$$\text{Strain } (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L_o}$$

Dimana :

ΔL = Perubahan panjang (m)

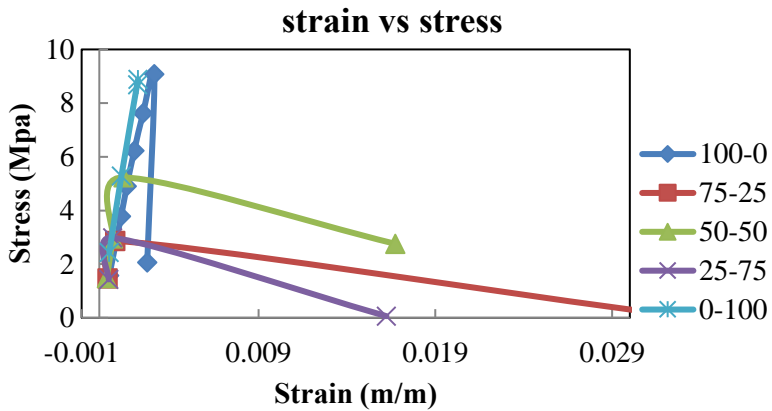
L_o = Panjang awal sampel (m)

Jika data yang diketahui pada index #0, $\Delta L = x = 0,0000112 \text{ m}$, maka :

$$\text{Strain } (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L_o}$$

$$\text{Strain } (\varepsilon) = \frac{0,0000112 \text{ m}}{0,02 \text{ m}}$$

$$\text{Strain } (\varepsilon) = 0,00056 \text{ m/m}$$

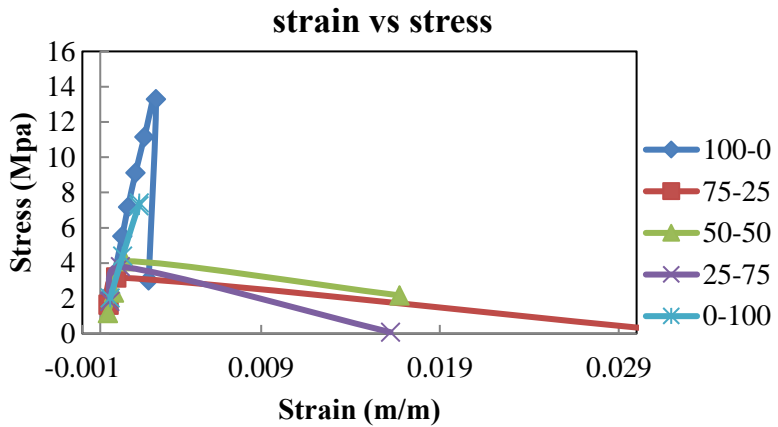


Gambar 1. Grafik *Stress-Strain* Biokomposit PLLA/CA dengan %berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100

7. Hasil Perhitungan *Tensile Strength* Analisa Mekanik Menggunakan *Differential Mechanical Analyze* (DMA)

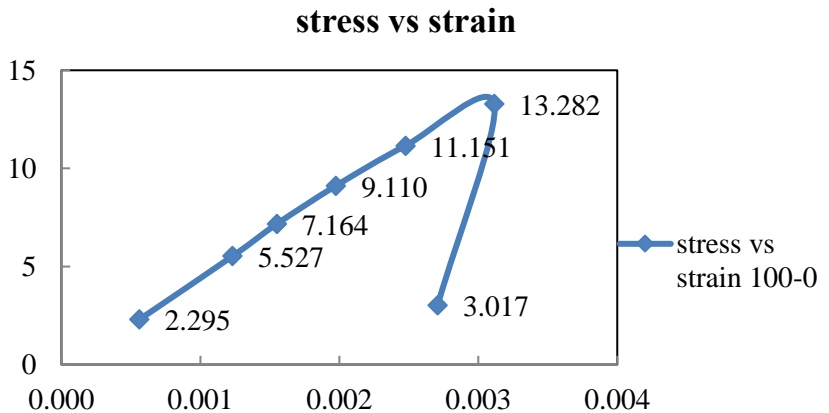
Tabel 11. Hasil Perhitungan Nilai *Tensile Strength* PLLA/CA dengan %berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100

Variabel	<i>Tensile Strength</i>
1	13.282
2	3.183
3	4.110
4	3.803
5	7.400



Gambar 2. Kurva *Stress-Strain* untuk Biokomposit PLLA/CA dengan %berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100

- Contoh perhitungan nilai *tensile strength* untuk PLLA/CA dengan % bert 100/0 :
- Tensile strength merupakan nilai *stress* maksimum pada kurva *stress-strain*. Berikut kurva *stress-strain* untuk biokomposit PLLA/CA dengan %berat 100/0:



Gambar 3. Kurva *Stress-Strain* untuk Biokomposit PLLA/CA dengan %Berat 100/0

- Sehingga jika dilihat dari kurva stress-strain untuk biokomposit PLLA/CA dengan %berat 100/0, maka diperoleh nilai *tensile strength* sebesar 9,076 MPa.

8. Hasil Perhitungan *Modulus Young* Analisa Mekanik Menggunakan *Differential Mechanical Analyze* (DMA)

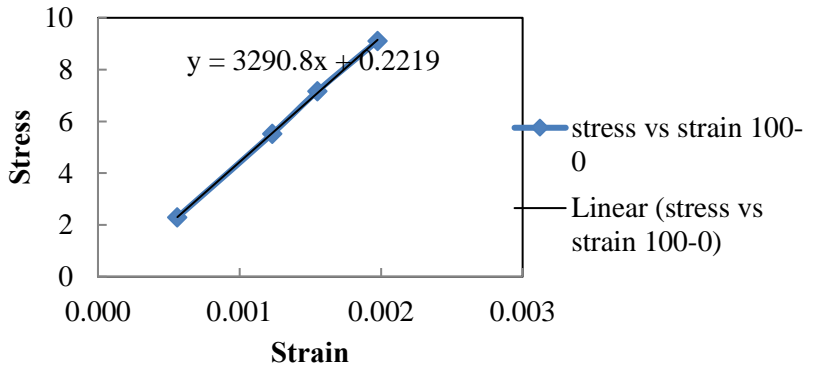
- Nilai modulus young dapat diperoleh atau dihitung dari slope titik awal hingga titik akhir yang membentuk garis lurus sebelum titik maksimum dari kurva stress-strain. Perhitungan ini menggunakan software Microsoft excel dimana hanya mengambil titik-titik yang membentuk garis lurus sebelum titik maksimum.
- Contoh cara menentukan nilai modulus young pada hasil uji mekanik biokomposit PLLA/CA dengan %berat 100/0 :
 1. Mengambil titik-titik yang membentuk garis lurus melalui data yang tersedia pada tabel 6.

Tabel 12. Kurva Stress-Strain PLLA/CA dengan %berat: 100/0

Strain (ϵ) m/m	Stress (σ) Mpa
0.00056	2.295
0.00123	5.527
0.00155	7.164
0.00198	9.110
0.00248	11.151

2. Menggambar kurva berdasarkan garis-garis yang telah diperoleh menggunakan Microsoft excel.

stress vs strain



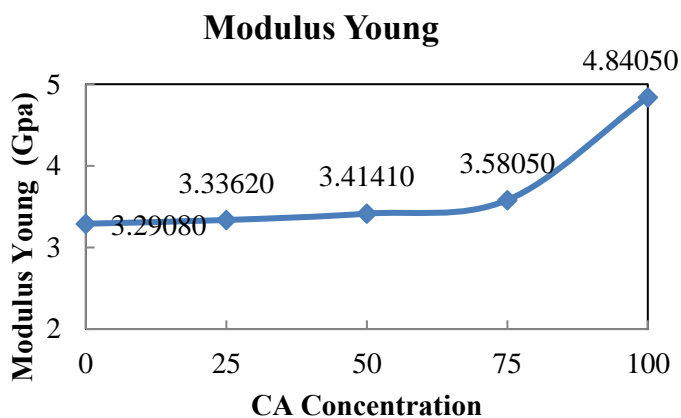
Gambar 4. Grafik Garis Lurus Stress-Strain Biokomposit PLLA/CA dengan %berat 100/0

3. Slope dapat ditentukan dengan mengambil nilai gradient pada persamaan garis tersebut. Dari poin 2, diperoleh slope sebesar 3182,3 MPa atau 3,1823 GPa.
- Berikut hasil nilai modulus young biokomposit PLLA/CA dengan %Berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100 :

Tabel 13. Tabel hasil nilai modulus young biokomposit PLLA/CA dengan %Berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100

Komposisi	<i>Modulus Young (E) Mpa</i>
100/0	3290.80
75/25	3336.20

50/50	3414.10
25/75	3580.50
0/100	4840.50



Gambar 5. Hasil Nilai *Modulus Young* Biokomposit PLLA/CA dengan %Berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100

4. Hasil Perhitungan *Elongation at Break* Analisa Mekanik Menggunakan *Differential Mechanical Analyze* (DMA)

Tabel 13. Hasil Perhitungan Nilai *Elongation at Break* Biokomposit PLLA/CA dengan %berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75; 0/100

Variabel	<i>Elongation at break (%)</i>
100/0	0.642
75/25	3.039
50/50	1.674

25/75	1.624
0/100	0.676

- Contoh perhitungan nilai elongation at break untuk biokomposit PLLA/CA dengan %berat 100/0.
- Untuk memperoleh nilai *elongation at break* (%EL), dapat menggunakan rumus:

$$\%EL = \frac{(Lf - Lo)}{Lo} \times 100\%$$

$$\%EL = \frac{\Delta L}{Lo} \times 100\%$$

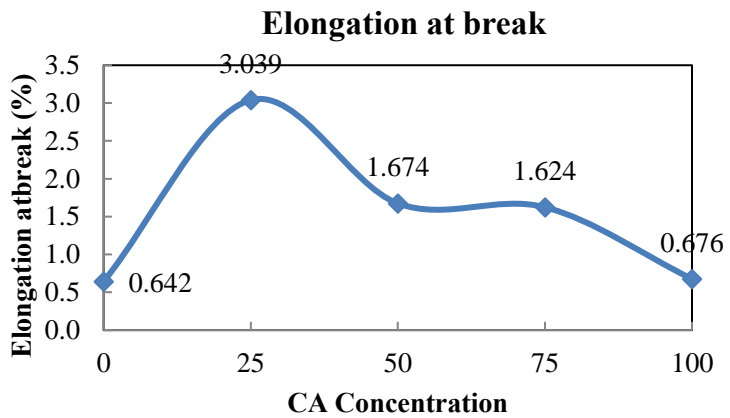
Dimana, :

Lf = Panjang ketika putus (m)

Lo = Panjang Awal Sampel (m)

- Dari rumus tersebut dapat disimpulkan bahwa *elongation at break* merupakan nilai *strain* ketika sampel putus pada kurva *stress strain*. Sehingga nilai *elongation at break* untuk biokomposit PLLA/CA dengan %berat 100/0 :

$$\begin{aligned} \%EL &= \frac{(Lf - Lo)}{Lo} \times 100\% \\ &= \frac{\Delta L}{Lo} \times 100\% \\ &= \frac{0,00001284}{0,02} \times 100\% \\ &= 0,642\% \end{aligned}$$



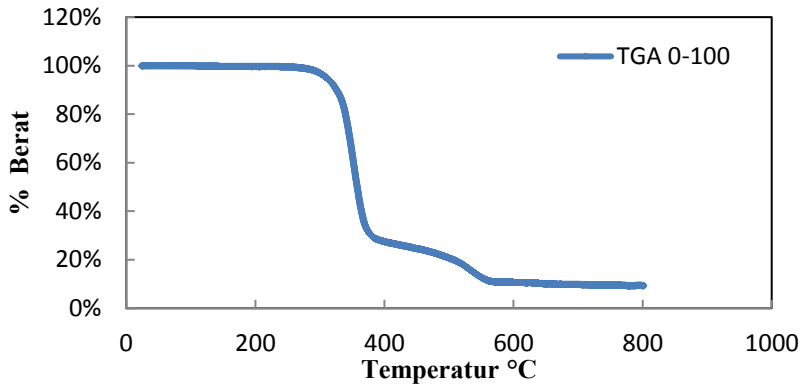
Gambar 4. Kurva *Stress-Strain* untuk Biokomposit
 PLLA/CA dengan %Berat: 100/0; 75/25; 50/50; 25/75;
 0/100

APPENDIKS D

PERHITUNGAN DAN HASIL ANALISA TGA

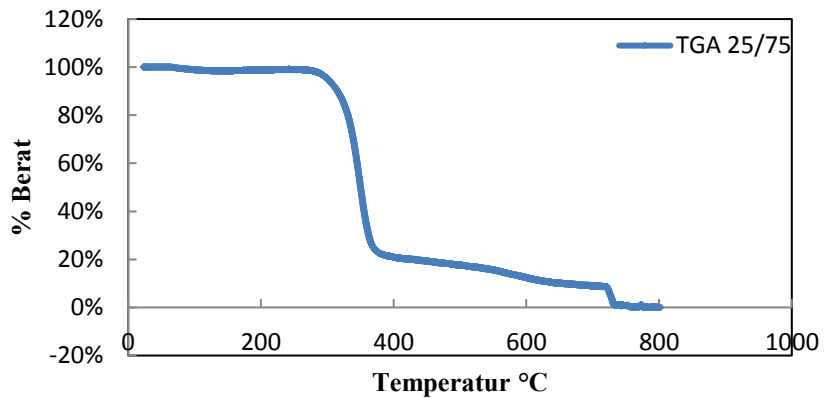
D.1 Biokomposit PLLA/CA 0/100

TGA

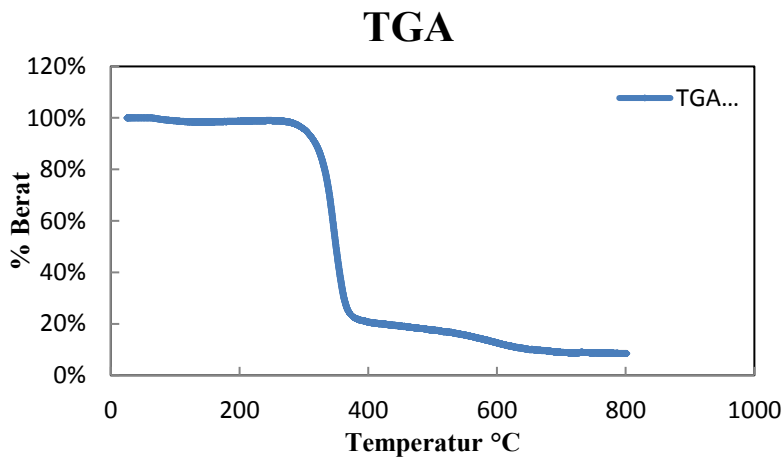


D.2 Biokomposit PLLA/CA 25/75

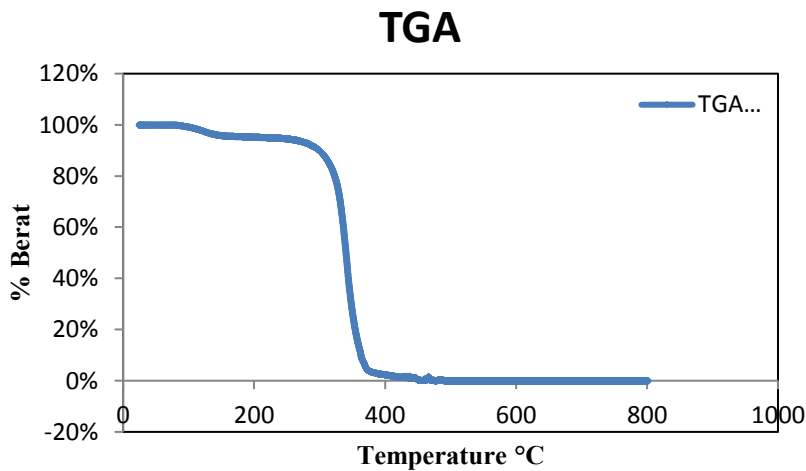
TGA



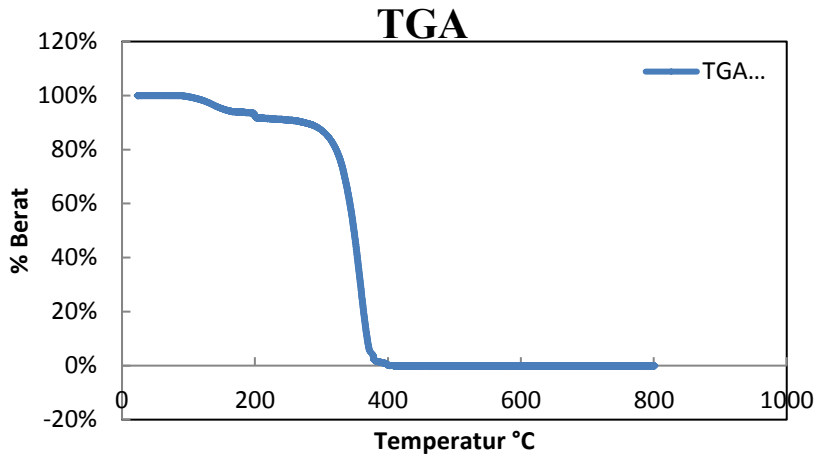
D.3 Biokomposit PLLA/CA 50/50



D.4 Biokomposit PLLA/CA 75/25



D.5 Biokomposit PLLA/CA 100/0



- Cara perhitungan % berat yang hilang pada TGA
- Contoh : penentuan % berat massa yang hilang pada produk biokomposit PLLA/CA 0/100 pada saat $t = 5$ detik
- % berat yang hilang
$$= (\text{berat pada saat } t = 5 \text{ detik} - \text{berat mula mula}) \times 100\%$$
$$= (2.753761 \text{ mg} - 2.753761 \text{ mg}) \times 100\%$$
$$= 0 \%$$

Dimana, Berat pada saat $t=0$ adalah 2.753761 mg

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

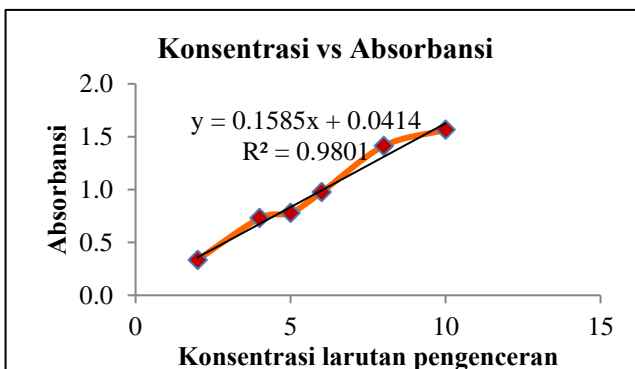
APPENDIKS E

PERHITUNGAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS

1. Menghitung nilai absorbansi dari larutan pengenceran, hingga didapatkan data di bawah ini :

Konsentrasi Larutan (ppm)	Rata-Rata Absorbansi
2	0,335
4	0,729
5	0,780
6	0,975
8	1,412
10	1,566

2. Membuat grafik larutan pengenceran hingga didapatkan persamaan $y = mx + c$



Persamaan : $y = 0,158x + 0,041$

$$: R^2 = 0,98$$

Persamaan ini digunakan untuk menghitung konsentrasi akhir dari larutan, q dan % removal

3. Menghitung konsnetarsi akhir dari larutan saat pH asam, netral, dan basa

No	Variabel PLL/CA	Konsentrasi Awal (ppm)			Konsentrasi Akhir (ppm)		
		pH netral	pH asam	pH basa	pH netral	pH asam	pH basa
1	100	5	5	5	2,526	5,749	3,714
2	75	5	5	5	1,930	6,032	2,944

4. Menghitung q dan persen removal dari larutan saat pH asam, netral, dan basa.

Menghitung q (*Adsorpsi Capacities*) dan % R (*% removal*)

$$q = \frac{C_0 - C}{G} \times V$$

$$\% R = \frac{(C_0 - C) \times 100}{C_0}$$

Dimana :

C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)

Co= Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)

G = Berat PLLA/CA (g)

V = Volume larutan (L)

No	Variabel PLLA/CA	q (mg/gr)			% Removal		
		pH netral	pH asam	pH basa	pH netral	pH asam	pH basa
1	100	1,650	- 0,499	0,857	49,487	- 14,972	25,710
2	75	2,047	- 0,688	1,371	61,399	- 20,640	41,118

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

PENULIS I



Penulis dilahirkan di Mojokerto 22 September 1992, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Miftahul Ulum, MI Miftahul Ulum Pacet, MTsN 1 Mojosari, dan SMAN 1 Mojokerto, D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Setelah lulus dari D3 Teknik Kimia FTI-ITS tahun 2014, Penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk Lintas Jalur S1 Genap Teknik Kimia ITS dan diterima di Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP. 2314 106 008.

Selama kuliah, penulis Masuk di Laboratorium Material dan melakukan penelitian dengan judul Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit *Poly L-Lactic Acid(PLLA) / Cellulose Acetate Beads* sebagai *Biodegradable Adsorbent*.

Alamat email: vindy01.ev@gmail.com

BIODATA PENULIS

PENULIS II



Penulis dilahirkan di Lumajang, 26 Mei 1993, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Rosella Lumajang, SDN Ditotrunan 01 Lumajang, SMPN 01 Sukodono Lumajang, dan SMAN 02 Lumajang, D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Setelah lulus dari D3 Teknik Kimia FTI-ITS tahun 2014, Penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk Lintas Jalur S1 Genap Teknik Kimia ITS dan diterima di Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP. 2314 106 009.

Selama kuliah, penulis masuk di Laboratorium Material dan melakukan penelitian dengan judul Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit *Poly L-Lactic Acid(PLLA) / Cellulose Acetate Beads* sebagai *Biodegradable Adsorbent* .

Alamat email: prastiwi26@yahoo.com